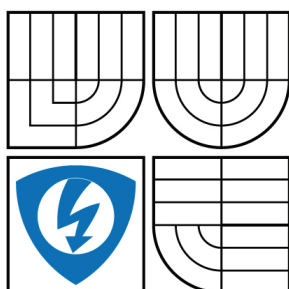


**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ**  
**ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION**

# **SYSTÉM IDENTIFIKACE BAREVNÝCH PROFILŮ ZOBRAZOVACÍCH ZAŘÍZENÍ**

**COLOR SPACE IDENTIFICATION SYSTEM**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

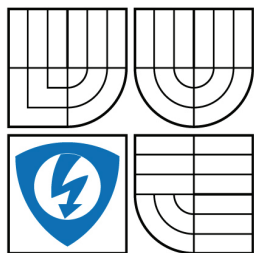
**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**OLDŘICH HRABČÍK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. PETR PETYOVSKÝ**

**BRNO 2009**



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
**Automatizační a měřicí technika**

**Student:** Oldřich Hrabčík

**ID:** 78577

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2008/2009

## NÁZEV TÉMATU:

**Systém identifikace barevných profilů zobrazovacích zařízení**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s problematikou spektrometrie, poč. zpracováním barevného obrazu, barevnými modely a pojmem barevný rozsah zařízení.
2. Nastudujte možnosti spektrometru a programového vybavení, které je dostupné na pracovišti UAMT.
3. Nastudujte ovládání spektrometru pomocí existující knihovny funkcí.
4. Navrhněte a vytvořte aplikaci využívající knihovnu funkcí spektrometru k identifikaci barevného rozsahu zobrazovacích zařízení.
5. Proveďte identifikaci barevného rozsahu různých zobrazovacích zařízení, zpracujte naměřené hodnoty.
6. Zhodnoťte dosažené výsledky.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Skála, V. : Světlo, barvy a barevné systémy v počítačové grafice, Academia 1993, ISBN 80-200-0463-7
- [2] Šonka, M.; Hlaváč, V.: Počítačové vidění, Grada, Praha 1992, ISBN 80-85424-67-3
- [3] Žára, J.; Beneš, B.; Felkel, P. : Moderní počítačová grafika, Computer press, 1998, ISBN 80-7226-049-9
- [4] Hlaváč, V.; Sedláček, M.: Zpracování signálů a obrazů, skriptum ČVUT 2001

**Termín zadání:** 9.2.2009

**Termín odevzdání:** 1.6.2009

**Vedoucí práce:** Ing. Petr Petyovský

**prof. Ing. Pavel Jura, CSc.**  
Předseda oborové rady

## **Systém identifikace barevných profilů zobrazovacích zařízení**

Bakalářská práce

Specializace studia:	Automatizace a měření
Student:	Oldřich Hrabčík
Vedoucí práce:	Ing. Petr Petyovský

### **Abstrakt:**

Tato práce se zabývá způsobem provedení identifikace barevných prostorů u zobrazovacích zařízení, při kterém slouží pro měření barevného spektra spektrometr a ze získaných dat je vytvořen ICC profil, definující dané zařízení.

Nejprve je rozebrána teorie o spektrometrii, poté následuje popis použitého spektrometru a knihovny funkcí, která umožňuje jeho ovládání. Dále je uvedena struktura ICC profilu a příklad jeho vytvoření.

Další část je zaměřena na návrh algoritmu pro identifikaci barevného prostoru. Zde je popsán způsob získání dat ze spektrometru a jejich implementace do ICC profilu.

Poslední část práce obsahuje vlastní měření barevného rozsahu u vybraného monitoru.

### **Klíčová slova:**

Spektrometrie, barevný prostor, color gamut, image processing

## **Color space identification system**

Thesis

Specialization of study:	Cybernetics, Control and measurement
Student:	Oldřich Hrabčík
Supervisor:	Ing. Petr Petyovský

### **Abstract:**

This work deal with facture identification coloured spaces near display, whereat serves for metering coloured spectra spectrometer and from gained data be created ICC profile.

First is parsed theory about spectrometric, after it follows description used spectrometer and libraries function that the makes it possible to his operating. Further is mentioned structure ICC profile and instance his creation.

Next part is bent on algorithm design for identification coloured space. Here's described way obtaining data from spectrometer and their implementation to the ICC profile.

Last part of work includes personal metering coloured range near choice monitor.

### **Keywords:**

Spectrometry, color space, color gamut, image processing

HRABČÍK, O. *Systém identifikace barevných profilů zobrazovacích zařízení*. Brno:  
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií,  
2009. 64 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Petyovský.

## Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma “Systém identifikace barevných profilů zobrazovacích zařízení“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne: **1. června 2009**

.....  
podpis autora

## Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Petyovskému za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: **1. června 2009**

.....  
podpis autora

## **OBSAH**

<b>OBSAH.....</b>	<b>7</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>9</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>10</b>
<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>2. TEORETICKÝ ROZBOR SPEKTROMETRIE .....</b>	<b>12</b>
2.1 Elektromagnetické spektrum.....	12
2.2 Světlo .....	14
2.3 Barva .....	16
2.4 Barevné modely .....	19
2.4.1 Model RGB: .....	19
2.4.2 Model CMY:.....	20
2.5 Správa barev.....	21
2.5.1 Barevný rozsah zařízení.....	21
2.5.2 Barevný prostor sRGB.....	22
2.5.3 ICC profil zařízení .....	22
2.5.4 Převod gamutů .....	22
2.6 Tone reproduction curve (TRC).....	25
2.7 Spektrometr.....	25
2.7.1 CCD jako detektor světla.....	26
<b>3. SPEKTROMETR USB4000 .....</b>	<b>27</b>
3.1 Parametry spektrometru USB4000 .....	27
3.2 Parametry detektoru .....	28
3.3 Popis zpracování světelného signálu spektrometrem USB4000.....	28
3.4 SpectraSuite .....	29
3.5 Knihovny funkcí .....	32
3.5.1 AdvancedColor .....	32
3.5.2 CIEColor.....	33
3.5.3 CIEConstants .....	34
3.5.4 CIEObserver .....	34

3.5.5 CIE Illuminant .....	34
3.5.6 Spectrometer .....	35
3.5.7 Spectrometer Channel .....	35
3.5.8 Spectral Processor .....	35
<b>4. STRUKTURA ICC PROFILU .....</b>	<b>36</b>
4.1 Hlavička profilu (profile header) .....	36
4.2 Tabulka tagů (tag table) .....	40
4.3 Tagy .....	40
4.3.1 textType .....	40
4.3.2 XYZType .....	41
4.3.3 parametricCurveType .....	41
4.4 Požadované tagy .....	42
4.4.1 Profily vstupních zařízení .....	42
4.4.2 Profily monitorů .....	43
4.5 Příklad vytvoření ICC profilu .....	43
<b>5. REALIZACE OVLÁDÁNÍ SPEKTROMETRU .....</b>	<b>46</b>
5.1 Program .....	46
5.1.1 Získání a zpracování dat ze spektrometru .....	47
5.1.2 Vytvoření ICC profilu .....	47
5.1.3 Ovládání programu .....	48
<b>6. IDENTIFIKACE BAREVNÉHO PROSTORU .....</b>	<b>50</b>
6.1 Zobrazení barev RGB na monitoru .....	50
6.2 Měření vyzařovaného spektra .....	50
6.3 Zápis naměřených dat do ICC profilu .....	54
6.4 Porovnání profilů .....	54
<b>7. ZÁVĚR .....</b>	<b>56</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>58</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>59</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>63</b>



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Viditelné spektrum. ....	13
Obrázek 2. Elektromagnetické spektrum. ....	13
Obrázek 3. Energie ve spektru abs. černého tělesa při různých teplotách.. ....	15
Obrázek 4. Schématické znázornění citlivosti tří čípků v sítnici. ....	17
Obrázek 5. Poměrná kol. množství měrných podnětů norm. pozorovatele CIE.....	17
Obrázek 6. Diagram chromatičnosti CIE. ....	18
Obrázek 7. Aditivní míchání barev (model RGB). ....	20
Obrázek 8. Subtraktivní míchání barev (model CMY). ....	20
Obrázek 9. Barevný rozsah zařízení reprezentován v diag. chrom. CIE. ....	21
Obrázek 10. Relativní kolorimetrická metoda. ....	23
Obrázek 11. Perceptuální metoda. ....	24
Obrázek 12. Ukázka principu spektrometru.....	25
Obrázek 13. Ukázka principu CCD. ....	26
Obrázek 14. Zpracování světelného signálu spektrometrem USB4000.....	28
Obrázek 15. New color measurement. ....	30
Obrázek 16. Výběr spektrometru. ....	30
Obrázek 17. Nastavení parametrů pro získání spektra.....	30
Obrázek 18. Referenční spektrum.....	31
Obrázek 19. Tmavé spektrum .....	31
Obrázek 20. Nastavení módu, typu pozorovatele a illuminantu. ....	31
Obrázek 21. Měření barvy v programu SpectraSuite.....	32
Obrázek 22. Struktura ICC profilu.....	36
Obrázek 23. Textové menu ve vytvořeném programu.....	49
Obrázek 24. Uspořádání měření.....	50
Obrázek 25. RGB gamut vytv. profilu. ....	55
Obrázek 26. RGB gamut dod. profilu. ....	55
Obrázek 27. TRC křivka vytv. profilu. ....	55
Obrázek 28. TRC křivka dod. profilu. ....	55

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Parametry spektrometru USB4000 .....	27
Tabulka 2. Parametry detektoru CCD spektrometru USB4000.....	28
Tabulka 3. Seznam zobrazovacích zařízení. ....	37
Tabulka 4. Seznam barevných prostorů. ....	38
Tabulka 5. Výrobci OS. ....	38
Tabulka 6. Způsob zápisu desetinného čísla. ....	41
Tabulka 7. Možné funkce v parametricCurveType.....	41
Tabulka 8. Význam bytů v parametricCurveType. ....	42
Tabulka 9. Naměřené hodnoty červené barvy ve vytvořeném programu. ....	51
Tabulka 10. Naměřené hodnoty zelené barvy ve vytvořeném programu. ....	51
Tabulka 11. Naměřené hodnoty modré barvy ve vytvořeném programu. ....	51
Tabulka 12. Naměřené hodnoty červené barvy v SpectraSuite. ....	52
Tabulka 13. Naměřené hodnoty zelené barvy v SpectraSuite.....	52
Tabulka 14. Naměřené hodnoty modré barvy v SpectraSuite. ....	52
Tabulka 15. Naměřené hodnoty bílého bodu v programu SpectraSuite. ....	53
Tabulka 16. Naměřené hodnoty bílého bodu ve vytvořeném programu.....	53
Tabulka 17. Průměrné hodnoty z měření v programu SpectraSuite. ....	54
Tabulka 18. Hodnoty XYZ uvedené v profilech ICC.....	54

## 1. ÚVOD

Cílem bakalářské práce je nastudování možností identifikace barevného prostoru a návržení algoritmu, který tuto identifikaci bude realizovat.

Identifikace barevného prostoru se provádí pomocí kalibračních sond, které jsou běžně dostupné a využívají je především grafická studia pro kalibraci monitorů a tiskáren. Tyto sondy jsou ovšem často cenově nákladné a lze je použít pouze pro speciální typy monitorů, které jsou vybaveny konektorem pro připojení těchto sond.

Protože se v dnešní době velice rychle rozvíjí digitální média a stále více uživatelů pracuje s digitální fotografií nebo jinými dokumenty, je kalibrování zobrazovacích zařízení vyžadováno ve větší míře. Může se tak stát, že je potřebné provést kalibraci u obyčejného monitoru, ale není možné použít kalibrační sondy. U nekalibrovaných monitorů se pak multimédia mohou na každém monitoru jevit jinak a to je ve většině případů nepřijatelné.

K takovéto identifikaci barevného prostoru může být použit spektrometr a programové vybavení dostupné na pracovišti UAMT.

## 2. TEORETICKÝ ROZBOR SPEKTROMETRIE

Spektrometrie se zabývá měřením vlastností světla ve specifické části elektromagnetického spektra.

### 2.1 ELEKTROMAGNETICKÉ SPEKTRUM

Elektromagnetické spektrum (Obrázek 2) zahrnuje elektromagnetické záření všech možných vlnových délek. Elektromagnetické záření o vlnové délce  $\lambda$  má frekvenci  $f$  a jemu připisovaný foton má energii  $E$ . Vztah mezi nimi vyjadřují tyto rovnice:

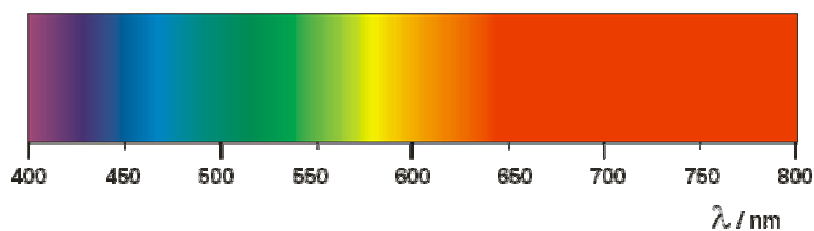
$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.1.1)$$

$$E = h \cdot f \quad (2.1.2)$$

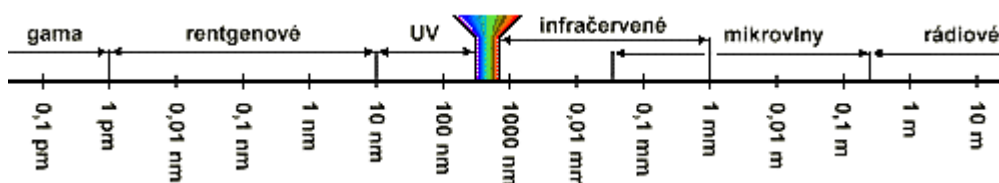
kde  $c$  je rychlost světla ( $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ) a  $h$  je Planckova konstanta ( $h = 6.65 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ).

Elektromagnetické spektrum se dělí na:

- radiové záření
- mikrovlny
- infračervené záření
- viditelné záření (Obrázek 1)
- ultrafialové záření
- rentgenové záření
- gama záření



Obrázek 1. Viditelné spektrum.



Obrázek 2. Elektromagnetické spektrum.

**Radiové vlny** - Radiové vlny jsou většinou vyzařovány anténami délek do 1 metru, takže jejich vlnové délky jsou v rozmezí milimetrů až stovek metrů. Užívají se pro přenosy různých dat jako např. rádio, televize, mobilní telefony atd.

**Mikrovlny** - Mikrovlny jsou absorbovány molekulami tekutin, jež mají dipólový moment, zvláště vody. Toho se využívá v mikrovlnné troubě k ohřevu. Také se používají pro bezdrátovou komunikaci (Wi-Fi).

**Infračervené záření** - Infračervené záření pokrývá frekvence 300 GHz až 400 THz. Dále se dělí na blízkou IČ (near-IR), střední IČ (mid-IR), dalekou IČ (far-IR).

**Viditelné záření** - Viditelné záření je ta část elektromagnetického spektra na kterou je citlivé lidské oko. Rozsah vlnových délek je 400-800 nm. Tato část elektromagnetického spektra se také označuje jako světelné spektrum. Jednotlivé barvy vyskytující se ve světelném spektru se nazývají spektrálními barvami a odpovídají jim určité intervaly vlnových délek elektromagnetického záření.

**Ultrafialové záření** - Fotony tohoto záření mají vysokou energii a mohou ničit chemické vazby. UV záření může také poškodit DNA, což může způsobit jak odumření buňky, tak i její nekontrolovanou reprodukci (rakovinu).

**Rentgenové záření** - Jedná se o formu ionizujícího záření a jako takové může být nebezpečné. Využívá se při lékařských vyšetření, ve strojírenství a astronomii.

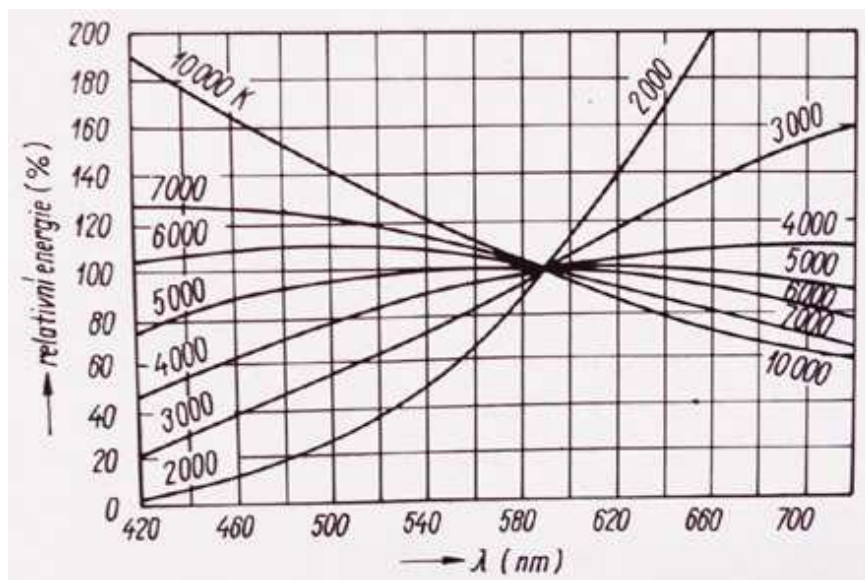
**Gama záření** - Toto záření vzniká při radioaktivních a jiných jaderných dějích a je vysoce energetické. Pro živé organismy je nebezpečné. Způsobuje podobná poškození jako rentgenové záření.

Protože je tato práce zaměřená na identifikaci barevných prostorů, budeme se dále věnovat jen viditelnému záření (světlu).

## 2.2 SVĚTLO

Podle dosavadních teorií si můžeme světlo představit buď jako částici nebo jako vlnění. Tři základní vlastnosti světla (a el.mag. vlnění vůbec) jsou svítivost (amplituda), barva (vlnová délka) a polarizace (úhel vlnění). Světlo dělíme na polychromatické (tj. o více vlnových délkách např. sluneční světlo) a monochromatické (o jedné vlnové délce např. laser). Při dopadu světla na rozhraní světelných prostředí dojde buďto k odrazu nebo k lomu světla. Při lomu světla dochází k tomu, že se rozkládá na jednotlivé vlnové délky. Příčinou toho je závislost rychlosti světla v látkách na frekvenci – disperze světla. Tento jev můžeme pozorovat v přírodě jako duhu na obloze.

V přírodě se vyskytují různé zdroje světla, tím nejznámějším je jistě slunce. Abychom mohli jednotlivé druhy světél snadno popsat, zavedl se pojem teplota chromatičnosti (dříve tzv. teplota barvy světla). Ta vychází z poznatku, že všechna tuhá tělesa dávají při rozžhavení na danou teplotu spojitě spektrum stejného charakteru. Energie vyzařovaná při dané vlnové délce se mění v závislosti na teplotě tělesa (Obrázek 3). Za základ hodnocení bylo vzato tzv. absolutně černé platinové těleso (černý zářič), žhavené na různou teplotu, udávanou v kelvinech. Řekneme-li, že světlo určité žárovky má teplotu chromatičnosti 3200K, znamená to, že vydává stejné světlo jako černé platinové těleso rozžhavené na 3200K. Skutečná teplota vláknů žárovky při tom může být jiná.



**Obrázek 3. Energie ve spektru abs. černého tělesa při různých teplotách [1].**

Tři základní typy osvětlení definovala v roce 1931 Commission Internationale d'Eclairage (Mezinárodní komise pro osvětlení, dále jen CIE) a to:

Typ A – odpovídá žárovkovému osvětlení s teplotou chromatičnosti

$$T_{CE} = 2856K .$$

Typ B – odpovídá přímému slunečnímu svitu s  $T_{CE} = 4874K$  .

Typ C – odpovídá nepřímému slunečnímu svitu s  $T_{CE} = 6774K$  .

později byly definovány další typy:

Typ D – odpovídá dennímu světlu a to typ D<sub>50</sub> ( $T_{CE} = 5004K$ ) a

D<sub>65</sub> ( $T_{CE} = 6504K$ ), které se používají jako standardní osvětlení v předtiskové přípravě.

Typ E – odpovídá pouze hypotetickému typu osvětlení

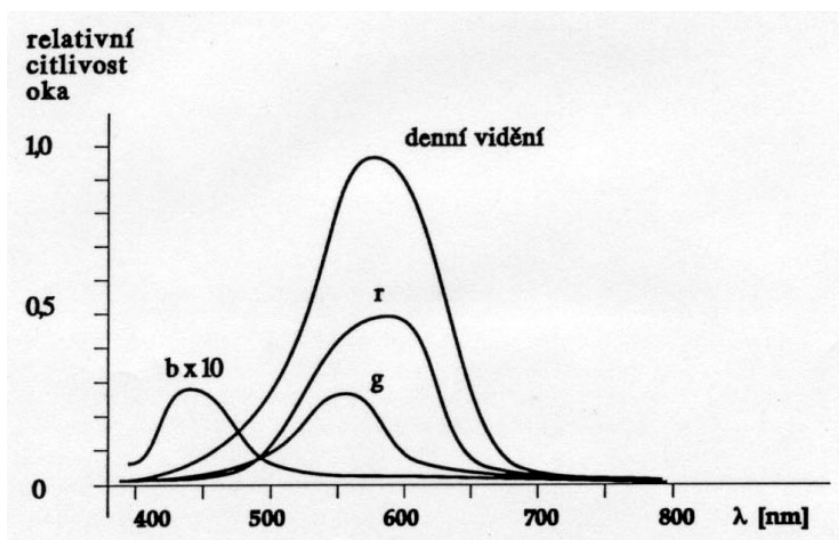
Typ F – zahrnuje několik typů zářivek

### 2.3 BARVA

Barva je vjem, který vytváří viditelné záření dopadající na sítnici lidského oka. Barevné vidění lidského oka zprostředkují receptory zvané čípky. Předpokládáme, že čípky jsou trojího druhu – citlivé na tři základní barvy a to červenou, zelenou a modrou (modrofialovou). Schématické znázornění spektrální citlivosti jednotlivých čípků je uvedeno na Obrázek 4. Na základě reakce čípků s maximem kolem 450nm vzniká vjem modrofialové; čípky s maximem kolem 540nm tvoří základ vjemu zeleně; čípky s maximem kolem 640nm základ vjemu červeně. Povahu barevných vjemů můžeme vyjádřit dvojím způsobem: buď vlnovou délkou zářivého podnětu, který vjem vyvolal nebo relativní velikostí podráždění receptorů, ke kterému přitom došlo (bílou barvu pozorujeme v případě, že dopadající záření vnímají všechny tři druhy čípků a černou pokud záření nevnímá žádný z nich). To znamená, že jednotlivé vlnové délky můžeme vyjádřit jako tři hodnoty (velikosti podráždění jednotlivých čípků). Současně tedy může být stejný barevný vjem způsoben i odděleným podrážděním každého receptoru zvlášť, když použijeme přiměřená množství světél R, G a B (červená, zelená a modrá). V tomto pojetí může potom být každý barevný vjem charakterizován údajem o množství světél R, G a B, potřebných k jeho vyvolání. Na tomto principu vypracovala CIE kolorimetrický systém reprezentovaný grafy na obrázku 4 a 5. Pro určení potřebných množství červeného, zeleného a modrého světla definovala CIE standardního pozorovatele (CIE Standard Observer), který vychází z měření citlivosti lidského oka velkého vzorku respondentů s normálním barevným vnímáním (trichromatictí činitelé x, y, z Obrázek 5). Pro potřeby grafického znázornění se potom stanoví trichromatické souřadnice x, y, z, pro jejichž vzájemnou velikost platí:

$$x + y + z = 1 \quad (2.3.1)$$



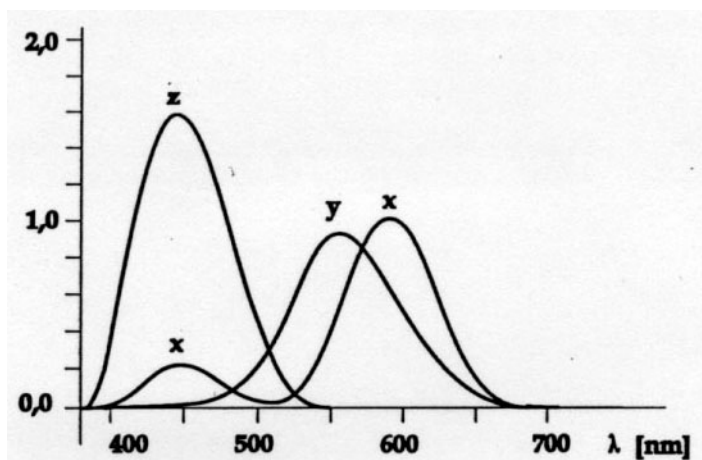


Obrázek 4. Schématické znázornění citlivosti tří čípků v sítnici [2].

Z předchozí rovnice vyplývá, že k charakterizování určitého barevného tónu stačí pouze hodnoty dvě, protože hodnota třetí je vždy dána výrazem:

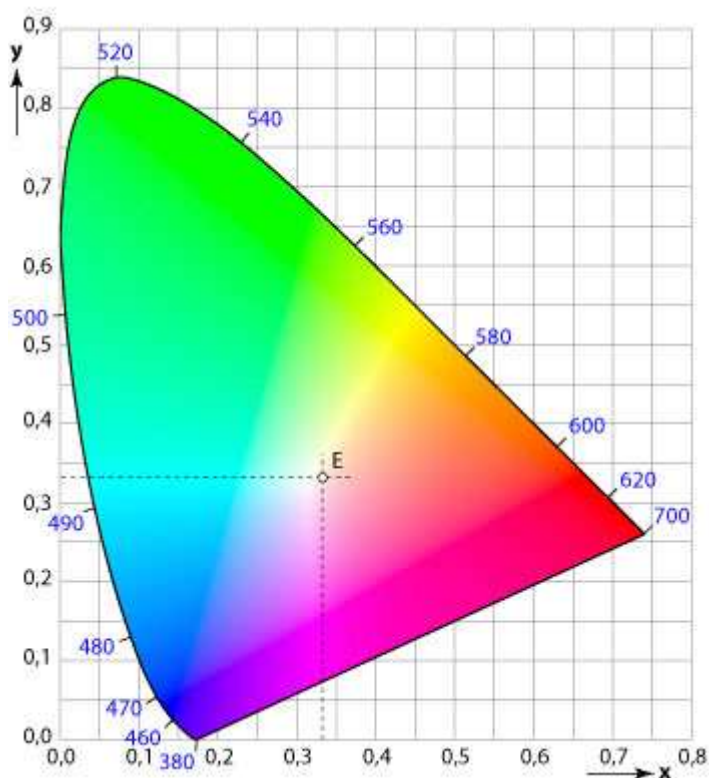
$$z = 1 - (x + y) \quad (2.3.2)$$

Výhodou této úpravy je, že ke grafickému znázornění polohy všech barevných tónů stačí plošný diagram pracující jen se dvěma souřadnicemi  $x$ ,  $y$  (Obrázek 6).



Obrázek 5. Poměrná kol. množství měrných podnětů pozorovatele CIE [2].

Jednotlivá monochromatická světla leží při tomto znázornění na křivce tvaru jakési „podkovy“. Konce podkovy spojuje přímka, vyznačující polohu směsí krajního fialového a červeného světla. Na podkově rozlišíme 150, na přímce 30, tedy celkem 180 barevných tónů pestrých. Tam, kde  $x = y = 0.33$  (tj.  $x = y = z$ ), leží barevné tóny nepestré (bílá, šedá, černá). Na podkově leží tóny syté, směrem od podkovy k bodu pro bílé světlo sytost klesá.



Obrázek 6. Diagram chromatičnosti CIE [3].

Barva objektů záleží na jeho fyzikálních vlastnostech a na vnímání pozorovatele. Z hlediska fyzikálního můžeme říci, že povrch má barvu světla, které odráží. To závisí na složení spektra dopadajícího světla a na tom, které složky spektra tohoto světla povrch odráží a které pohlcuje a s jakou intenzitou. Stejně tak záleží na úhlu pozorování objektu.

## 2.4 BAREVNÉ MODELY

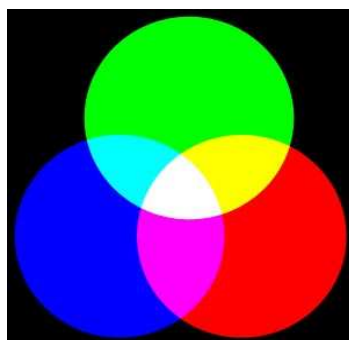
Každou barvu, kterou si jen dokážeme představit, můžeme popsat pomocí tří základních veličin, které vymezují barevný prostor:

1. **Odstín** (angl. Hue) – je tím co si představujeme pod pojmem barva (červeně, modře, zeleně, žlutě atd.). CIE definuje odstín jako vlastnost vizuálního vnímání, podle kterého se plocha jeví být podobná jedné z barev. Odstín je určen vlnovou délkou světla.
2. **Jas** (Lightness, value) – charakterizuje „světlost“ nebo „tmavost“ vnímané barvy. Snižování jasu znamená přidávání černé, popřípadě šedé. Jas přísluší amplitudě vlny vnímaného světla.
3. **Sytost** (Saturation) – někdy také brilance, udává jak je vnímaná barva kalná nebo čistá, tj. je-li spíše blíže šedé (kalná) nebo ke svému odstínu (brilantní). Snižování sytosti znamená přidávání bílé. Podle CIE je sytost definována jako barevnost oblasti rozdělené v poměru k jejímu jas. Sytost je určena strmostí vlny světla, které vnímáme.

Tyto tři veličiny jsou potom určující pro barevné modely HSV a HLS. Protože HSV a HLS neuvažují vnímání lidského oka a pro problémy při aritmetickém míchání barev, definici bílého bodu aj., jsou tyto systémy pro správu barev nevhodné.

### 2.4.1 Model RGB:

Je aditivní způsob míchání barev (jednotlivé složky barev se sčítají a tím vytvářejí světlo větší intenzity), který se používá ve všech monitorech a projektorech (jde o míchání vyzařovaného světla). Téměř každá barva je udána mohutností tří základních barev (červené – red, zelené – green, modré - blue). Vlnové délky těchto základních barev jsou přibližně 630, 530 a 450nm.

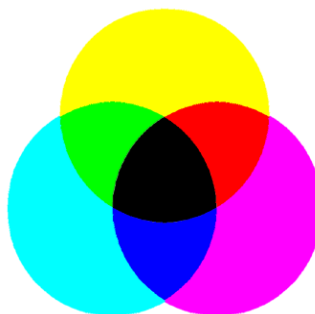


**Obrázek 7. Aditivní míchání barev (model RGB).**

Mohutnosti jednotlivých složek se udávají buďto v procentech nebo (v digitalizovaných systémech) podle použité barevné hloubky jako určitý počet bitů vyhrazených pro každou barevnou složku (pro 8 bitů na složku je rozsah hodnot 0 – 255), přičemž čím větší je mohutnost, tím s vyšší intenzitou se barva složky zobrazuje. Celkem tedy můžeme na jednom pixelu vyjádřit barvu pomocí 24 bitů, to je asi 16 miliónů barev.

#### **2.4.2 Model CMY:**

Tento barevný model je založený na subtraktivním míchání barev (mícháním od sebe barvy odčítáme, tedy omezujeme barevné spektrum, které se odráží od povrchu). CMY se používá především u reprodukčních zařízení, které barvy tvoří mícháním pigmentů (např. inkoustová tiskárna). Základní barvy tohoto modelu jsou azurová – cyan, purpurová – magenta a žlutá – yellow. Velikosti jednotlivých složek jsou udávány stejně jako u modelu RGB.



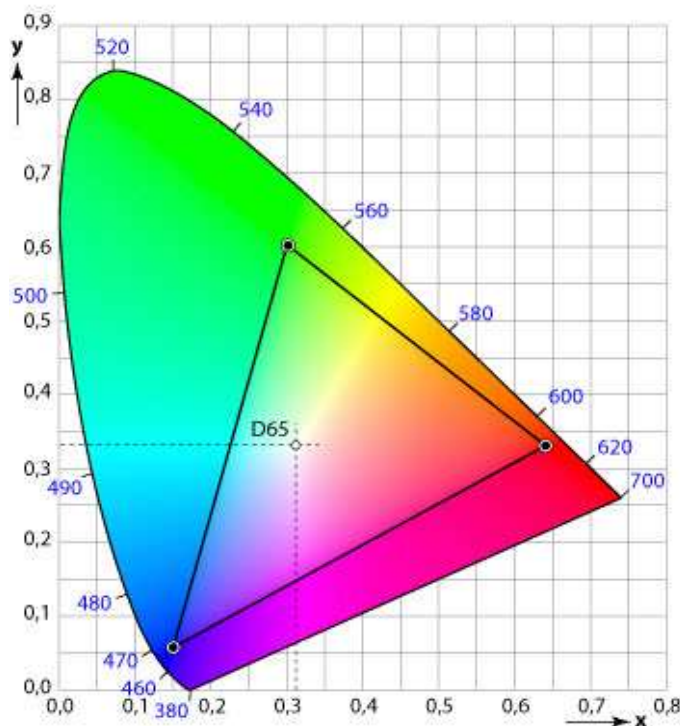
**Obrázek 8. Subtraktivní míchání barev (model CMY).**

## 2.5 SPRÁVA BAREV

V reálném světě má každé zobrazovací zařízení jiné vlastnosti a tak např. stejný obrázek se na různých zařízeních jeví odlišně. Správa barev anglicky Color management system (CMS) má za úkol řízeným způsobem provádět konverze barev mezi těmito zařízeními. Vždy se bude jednat o jakýsi kompromis, ale jde převážně o to, aby vzájemně převedené obrazy byly co nejvěrnější a aby vzhled byl subjektivně co nejpodobnější originálu.

### 2.5.1 Barevný rozsah zařízení

Barevný rozsah (color gamut) zařízení nebo procesu je ta část barevného prostoru, který může být reprezentovaný nebo reprodukován. Barevný rozsah je obvykle udáván jako oblast v CIE 1931 diagramu chromatičnosti. Pokud například RGB barevný model (založen na aditivním míchání tří základních barev – červené, zelené a modré) umístíme do CIE diagramu, tak plocha vytvořená RGB trojúhelníkem určuje gamut tohoto RGB modelu (tzv. RGB barevný prostor Obrázek 9).



Obrázek 9. Barevný rozsah zařízení reprezentován v diag. chrom. CIE [3].

Barvy mimo tento trojúhelník nemohou být pomocí uvedených základních barev dosaženy. Zařízení, které jsou založeny na RGB reprezentaci dat, v praxi nepoužívají stejné základní RGB barvy. Tyto barvy jsou např. u klasických monitorů určeny použitými fosfory na stínítku obrazovky, u LCD monitorů jsou to vlastnosti barevných filtrů před tekutými krystaly a barva podsvícení atd. Barevný rozsah je tak u každého zařízení mírně jiný.

### 2.5.2 Barevný prostor sRGB

S obrovským rozvojem počítačů, monitorů a celé řady dalších zařízení pracujících s barvou, bylo potřeba definovat dostatečně obecný barevný prostor, který by se předpokládal jako standardní vždy, pokud některé zařízení svůj vlastní barevný prostor přesně neurčuje. Proto společnosti Microsoft a Hewlett-Packard definovali barevný prostor „standard RGB“ (sRGB), který se stal široce akceptovaným standardem pro celou řadu zařízení a programů, zejména pak pro běžné domácí a kancelářské použití. Tento prostor skvěle vyhovuje monitorům a i většina digitálních fotoaparátů ukládají své snímky v tomto prostoru. Pokud bychom obdrželi obrazová data, u nichž není žádný další popis, můžeme si být téměř jistí, že tato data jsou v prostoru sRGB. Barevný prostor sRGB má definovány tři základní RGB barvy, bílý bod D65 a gamma křivku.

### 2.5.3 ICC profil zařízení

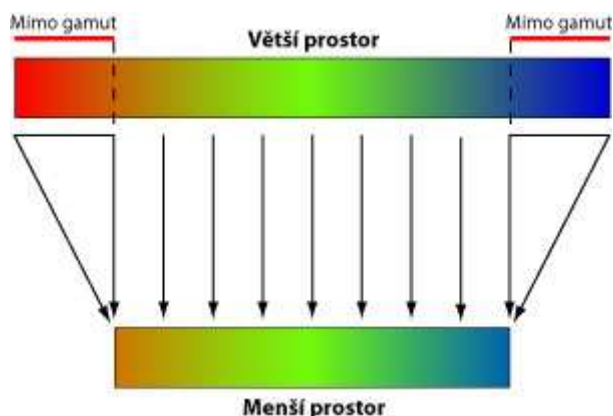
Chování zařízení ve vztahu k reprezentaci barev se snaží popsat tzv. ICC profil zařízení, jehož formát definovalo International Color Consortium. Je to běžný soubor v počítači s příponou ICC nebo ICM, obsahující informace o barevném chování zařízení a případně návod, jak barvy pro něj vhodně konvertovat. Pro správnou barevnou reprezentaci, by mělo mít každé zařízení svůj ICC profil. Struktura ICC profilu je podrobněji popsána v kapitole 4.

### 2.5.4 Převod gamutů

Z důvodu že různá zařízení nemají stejný gamut, je třeba při jejich propojení použít určitý přepočít barev, a to zejména u barev blízko okraje gamutu. Barvy se tak musejí „posunout“, aby se větší gamut vtěsnil do menšího gamutu. K tomuto se užívají čtyři možné metody:

## 1. Relativní kolorimetrická

Tato metoda, vhodná především pro fotografie, jednoduše nahradí barvy mimo cílový gamut nejbližší barvou z cílového gamutu (Obrázek 10). Dále se porovnává bílý bod zdrojového gamutu s bílým bodem cílového gamutu a podle toho posune všechny barvy (tzn. kompenzuje vliv jiného bílého bodu). Relativní kolorimetrická metoda zachová subjektivně beze změny barvy, které jsou obsaženy v obou gamutech. Barvy, které leží mimo, jsou tedy nahrazeny nejbližší možnou barvou. To má však za následek, že kresba provedená barvami mimo cílový gamut se „slije“.

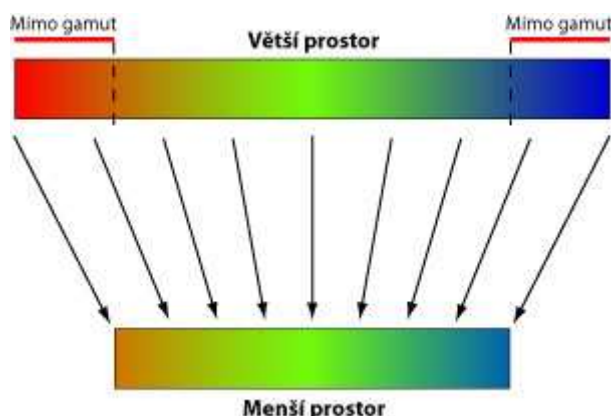


Obrázek 10. Relativní kolorimetrická metoda [3].

## 2. Perceptuální

Metoda podobná relativní kolorimetrické metodě, avšak snaží se zachovat vizuální vztahy mezi barvami způsobem, který je vnímán jako přirozený lidským okem, ačkoliv samotné barvy se mohou změnit. Princip je v tom, že cílový gamut je plynule rozšířen nebo naopak komprimován s cílem udržet co možná nejvěrnější celkový dojem (Obrázek 11). Tato metoda je vhodná pro fotografie s velkým množstvím barev mimo gamut.





Obrázek 11. Perceptuální metoda [3].

### 3. Absolutní kolorimetrická

Absolutní kolorimetrická metoda je velice podobná relativní kolorimetrické. Rozdíl je v tom, že tato metoda ponechá beze změny bílý bod. Příkladem může být převod dat z sRGB prostoru do CMYK prostoru. sRGB prostor má definován bílý bod jako D65, kdežto CMYK prostor předpokládá nějaký konkrétní papír s jinou bílou a tedy dochází k barevnému posunu, jelikož kolorimetrická metoda ignoruje vliv bílého papíru. Proto se tato metoda pro fotografie příliš nehodí.

### 4. Saturation

Metoda snaží se vytvořit živé barvy na úkor jejich přesnosti. Dochází k přizpůsobení zdrojového gamutu do cílového gamutu, ale místo odstínu se zachová relativní sytost, takže při převodu do menšího gamutu se mohou odstíny posunout. To je vhodné zejména pro obchodní grafiky, kde přesné vztahy mezi barvami nejsou tak důležité, jako dosažení jasných a sytých barev.

Při převodu využívá CMS propojovací barevný prostor Profile Connection Space (PCS). Ten může být určen barevným prostorem CIE XYZ nebo CIE Lab. Samotný převod tedy vypadá následovně: Barevný prostor č.1 se převede do PCS (XYZ nebo Lab) a z tohoto prostoru probíhá konverze do barevného prostoru č.2.



## 2.6 TONE REPRODUCTION CURVE (TRC)

Tone reproduction curve je křivka popisující reprodukci barevných tónů. U monitorů typu CRT popisuje vztah mezi napětím na elektrodě a vnímaným jasnem. Je využívána pro přesnější charakterizaci daného zařízení. Křivka je popsána následujícím vztahem:

$$x = y^\gamma \quad (2.6.1)$$

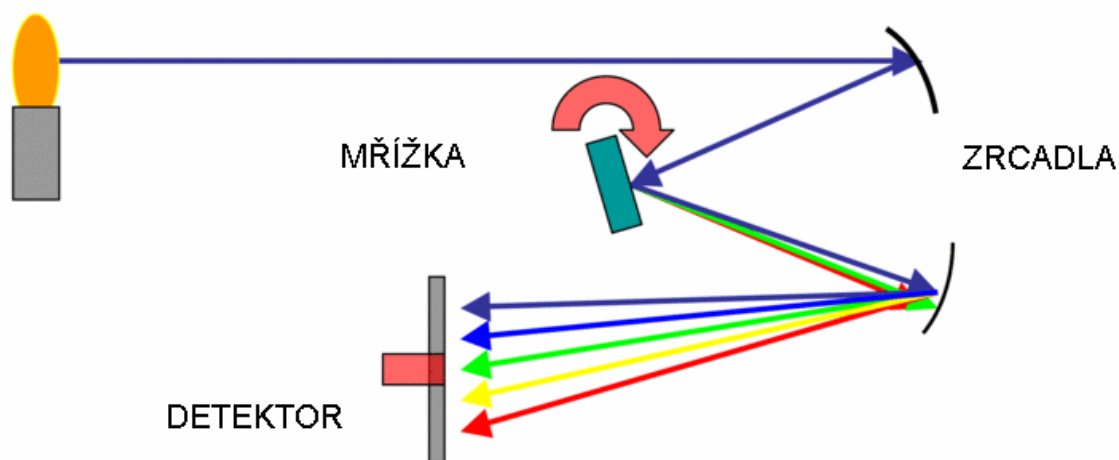
kde  $x$  představuje relativní jas,  $y$  je napětí na elektrodě a  $\gamma$  je gamma.

Pro rovnoměrného vnímání rozložení tónové stupnice lidským okem, bývá doporučena hodnota gammy 2,2.

## 2.7 SPEKTROMETR

Spektrometr je přístroj, který se využívá pro měření a identifikaci spekter světelných zdrojů. Rozděluje intenzity či energie světla podle vlnových délek. Jeho činnost je založena na jevu zvaném optická disperze, kdy při průchodu polychromatického světla hranolem se jednotlivé vlnové délky lámou pod různým úhlem. Světlo vstupující do spektrometru se pomocí hranolů nebo difrakčních mřížek rozloží na jednotlivé složky vlnových délek (Obrázek 12), ty zachycuje detektor (např. CCD) a vyhodnocuje velikost jejich intenzit.

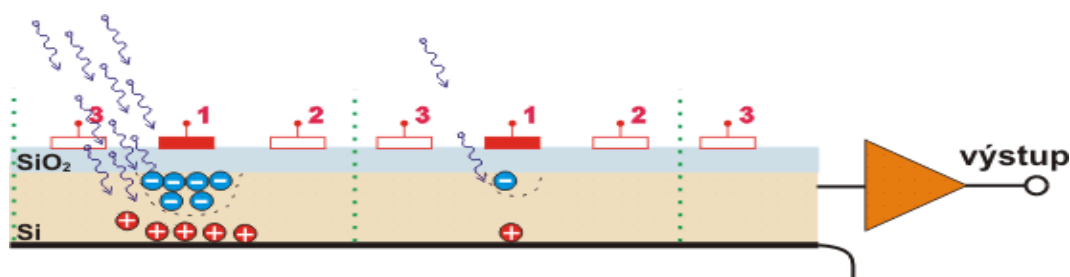
ZDROJ



Obrázek 12. Ukázka principu spektrometru.

### 2.7.1 CCD jako detektor světla

CCD je elektronická součástka, která se užívá pro zachycení obrazové informace. Uplatnění má např. ve videokamerách, digitálních fotoaparátech, scannerech, ale i v řadě vědeckých přístrojů. Zkratka CCD pochází z anglického Charge-Coupled Device, což lze přeložit jako zařízení s vázanými náboji. Podobně jako všechny ostatní světlocitlivé součástky i CCD využívá fyzikálního jevu zvaného fotoefekt. Při tomto jevu jsou uvolňovány (emitovány) elektrony z látky v důsledku absorpce elektromagnetického záření látkou. V polovodiči se takto uvolněné elektrony mohou podílet na elektrické vodivosti, respektive je možno je odvést pomocí přiložených elektrod. U CCD je ale mezi elektrodou a polovodičem tenká vrstva oxidu křemičitého, která se chová jako dokonalý izolant, takže uvolněné elektrony nemohou být odvedeny pryč. Činnost CCD se skládá ze tří fází. Příprava CCD, v této fázi jsou z CCD odebrány všechny volné elektrony, čímž je z něj vymazána informace o předchozím nasnímaném obraze. Další fází je expozice obrazu (Obrázek 13), kdy je na elektrody na obrázku označené číslem 1 přivedeno kladné napětí a na CCD se nechá působit světlo. Elektrony excitovány dopadajícími fotony jsou pak přitahovány kladně nabitými elektrodami. Díry, zbylé po elektronech, jsou naopak přitahovány spodní zápornou elektrodou. Hranice pixelů jsou na obrázku znázorněny tečkovanými čarami. Třetí fází je snímání obrazu. Po uzavření závěrky je na elektrody 1, 2 a 3 přiváděn trojfázový hodinový signál. To znamená, že na elektrodách 2 se začne zvyšovat napětí a současně se na elektrodách 1 napětí snižuje. Díky tomu jsou elektrony přitaženy pod elektrodu 2. Tento proces se opakuje i mezi elektrodami 2 a 3 a tak stále dokola, dokud nejsou všechny pixely vyprázdněny.



Obrázek 13. Ukázka principu CCD [14].

### 3. SPEKTROMETR USB4000

Tento spektrometr vyrábí firma Ocean Optics. Spektrometry této firmy jsou založeny na kombinaci difrakčních optických prvků a řady optických detektorů. Difrakční mřížka zajišťuje rozklad optického signálu do jednotlivých spektrálních složek, paralelní detektory záření (např. CCD) pak mohou sejmut celé spektrum najednou při současném zachování vysoké citlivosti.

#### 3.1 PARAMETRY SPEKTROMETRU USB4000

**Tabulka 1. Parametry spektrometru USB4000**

Parametr	Hodnota
Rozměry	89,1mm x 63,3mm x 34,4mm
Hmotnost	190g
Napájení	250mA @ 5V DC
Detektor	3648-prvkové CCD pole
Rozsah detektoru	200-1100nm
Difrakční mřížka	možnost výběru ze 14 mřížek
Vstupní otvor	5, 10, 25, 50, 100 nebo 200 $\mu$ m široké štěrby
Ohnisková vzdálenost	42mm (vstup), 68mm (výstup)
Optické rozlišení	závisí na zvolené mřížce a vstupním otvoru
Parazitní světlo	<0,05% (600nm); <0,10% (435nm)
Dynamický rozsah	$2 \times 10^8$
Spojka opt. vlákna	SMA 905
Integrační čas	10 $\mu$ s – 60s

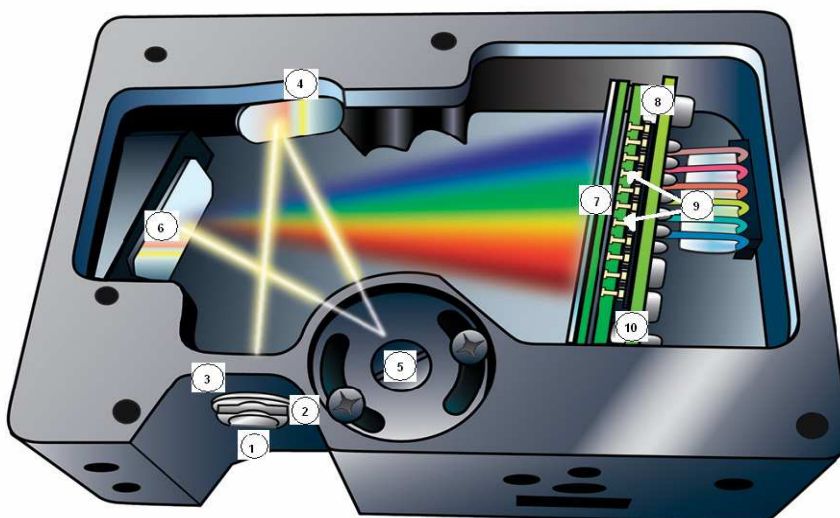
### 3.2 PARAMETRY DETEKTORU

Tabulka 2. Parametry detektoru CCD spektrometru USB4000.

Parametr	Hodnota
Detektor	Toshiba TCD1304AP lineární CCD pole
Počet elementů	3648
Citlivost	130 fotonů/počet (400nm); 60 fotonů/počet (600nm)
Velikost pixelu	8μm x 200μm
Hloubka pixelu	~100 000 elektronů
Odstup signál šum	300:1
A/D rozlišení	16 bit
Linearita	>99,8%

### 3.3 POPIS ZPRACOVÁNÍ SVĚTELNÉHO SIGNÁLU SPEKTROMETREM USB4000

Na Obrázek 14 je znázorněno jak spektrometr zpracovává světlo před vlastním vyhodnocením detektorem. Jednotlivé součásti jsou popsány níže.



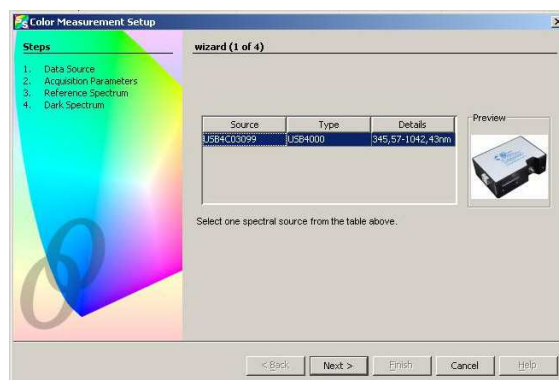
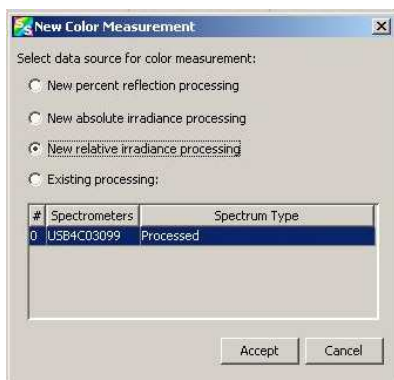
Obrázek 14. Zpracování světelného signálu spektrometrem USB4000 [8].

1. **Konektor SMA 905** – Slouží ke spojení optického vlákna ke spektrometru. Světlo ze vstupního vlákna vstupuje do optické soustavy skrze tuto spojku.
2. **Štěrbina** – Tmavý kus materiálu obsahující pravoúhlý otvor, který je umístěn přímo za SMA konektor. Velikost tohoto otvoru (od  $5\mu\text{m}$  do  $200\mu\text{m}$ ) reguluje množství světla vstupující do optické soustavy a ovlivňuje spektrální rozlišení. Lze použít spektrometr i bez této štěrbin, pak je otvor, kterým světlo do spektrometru vstupuje určen průměrem vlákna.
3. **Filtr** – Omezuje optické záření na určitou část ze spektra. Jsou k dispozici filtry s pásmovou propustí a longpass filtry.
4. **Kolimační zrcadlo** – Zaostřuje vstupující světlo na difrakční mřížku
5. **Difrakční mřížka** – Ohýbá světlo odražené z kolimačního zrcadla a takto upravené světlo nasměruje na zaostřovací zrcadlo. Difrakční mřížky jsou dostupné s různou hustotou vrypů, to nám dovolu je specifikovat vlnovou délku pokrytí a rozlišení spektrometru.
6. **Zaostřující zrcadlo** – Přijímá odražené světlo z difrakční mřížky a zaostřuje první řád spektra na plochu detektoru.
7. **Čočky detektoru** – Jsou umístěny u detektoru aby zvýšily světelnou účinnost. Zaostřuje světlo na jednotlivé elementy detektoru. Zlepšují efektivitu snižování vlivů parazitního světla.
8. **Detektor** – Přijímá světlo odražené od zaostřujícího zrcadla a mění optický signál na digitální. Každý pixel detektoru reaguje na vlnovou délku pro kterou je určen. Spektrometr pak digitální signál přenáší do softwarových aplikací.
9. **OFLV filtry** – Blokují druhý a třetí řád spektra. Tyto filtry jsou volitelné

### 3.4 SPECTRASUITE

SpectraSuite je program vytvořený pro komunikaci se spektrometry firmy Ocean Optics. Je kompatibilní s operačními systémy Windows, Macintosh a Linux. Prostředí je umístěno v okně a umožňuje grafickou a numerickou reprezentaci dat získaných ze spektrometru. Pro tuto práci je využito měření barvy, při kterém je možné získat ze SpectraSuite trichromatické souřadnice vypočítané ze spektra vyzařovaného barvou. Měření se spustí ikonou malého CIE diagramu. Poté se otevře

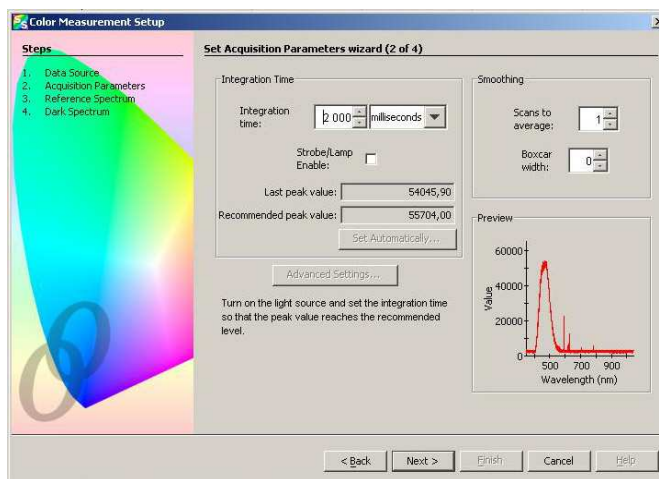
okno New color measurement (Obrázek 15) ve kterém je zvoleno New relative irradiance processing. Po potvrzení je třeba vybrat ze kterého spektrometru požadujeme data (Obrázek 16), v tomto případě je k počítači připojen pouze spektrometr USB4000 a je tedy na výběr jediná možnost.



**Obrázek 15. New color measurement.**

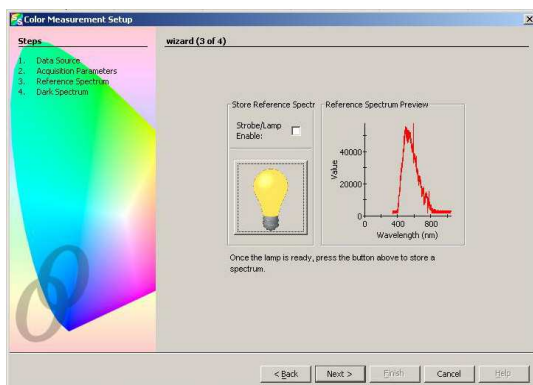
**Obrázek 16. Výběr spektrometru.**

V dalším kroku se nastaví parametry pro získání spektra, jako je integrační čas, průměrování (Scans to average) a vyhlazení pixelů (Boxcar width) Obrázek 17.

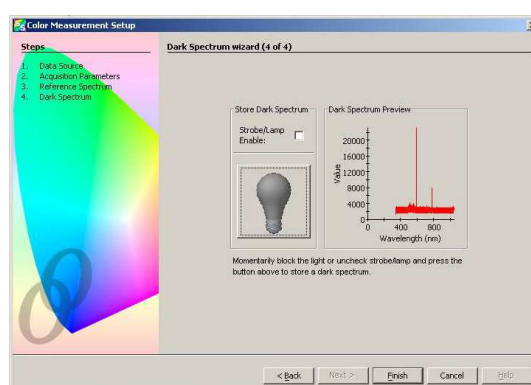


**Obrázek 17. Nastavení parametrů pro získání spektra.**

Dále se musí změřit referenční a tmavé spektrum (Reference and dark spectrum) (Obrázek 18 a 19). Posledním krokem je nastavení módu na emisní (emissive), volba typu pozorovatele (observer) a illuminantu (Obrázek 20).



**Obrázek 18. Referenční spektrum.**



**Obrázek 19. Tmavé spektrum**

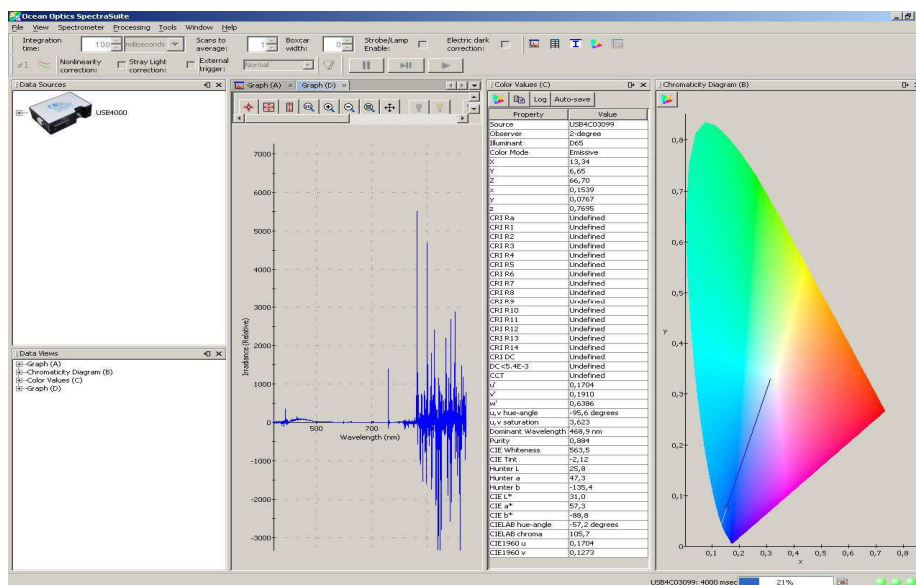
Po vykonání všech kroků je zahájeno měření a v okně programu je v grafu zobrazeno měřené spektrum, v tabulce uprostřed okna jsou zobrazeny vypočítané hodnoty dané barvy a v diagramu chromatičnosti CIE je zobrazen bod o trichromatických souřadnicích změřené barvy (Obrázek 21). Vše je zobrazováno v reálném čase a je možnost si měření pozastavit pro odečtení hodnot.



**Obrázek 20. Nastavení módu, typu pozorovatele a illuminantu.**

Veškerý popis všech funkcí obsažených ve SpectraSuite je podrobně popsán v dokumentaci k tomuto programu [13].





Obrázek 21. Měření barvy v programu SpectraSuite.

### 3.5 KNIHOVNY FUNKCÍ

Pro komunikaci se spektrometrem a pro práci s daty získanými ze spektrometru, byly vytvořeny funkce a třídy, které jsou dodány s ovladačem ke spektrometru. Popis některých z nich je uveden dále.

#### 3.5.1 AdvancedColor

V této třídě jsou obsaženy dvě metody pro výpočet trichromatických činitelů (X, Y a Z) z intenzit jednotlivých vlnových délek. Jsou to metody `computeEmissiveChromaticity` a `computeReflectiveChromaticity`.

```
computeEmissiveChromaticity(double[] energyWavelengths, double[]  
energySpectrum, CIEObserver observer, CIEIlluminant illuminant)
```

Metoda slouží k výpočtu hodnot X, Y a Z, z vyzařovaného spektra.

```
computeReflectiveChromaticity(double[] energyWavelengths, double[]  
energySpectrum, CIEObserver observer, CIEIlluminant illuminant)
```

Metoda slouží k výpočtu hodnot X, Y a Z, z odraženého spektra. Parametry těchto metod jsou:

**energyWavelengths** – všechny vlnové délky, kterým je přiřazena jejich intenzita, zadává se jako pole hodnot typu `double`



**energySpectrum** – intenzity korespondující s vlnovými délkami, stejně jako u vlnových délek jsou tyto intenzity zadávány jako pole typu double

**observer** – typ observeru, standardní observery definované CIE jsou 2-stupňový a 10-stupňový, zadává se jako objekt typu CIEObserver

**illuminant** – typ použitého osvětlení při měření, standardy definované CIE jsou uvedeny v 2.2, zadává se jako objekt typu CIEIlluminant

Tyto metody vrací objekt typu CIEColor ve kterém jsou obsaženy vypočítané hodnoty X, Y a Z.

### 3.5.2 CIEColor

Základní třída pro všechny CIE barevné prostory. Obsahuje minimální informaci potřebnou pro převody mezi barevnými prostory. Objekt této třídy obsahuje deset parametrů a je pro něj definováno 8 metod, které vrací hodnoty jednotlivých parametrů. Některé metody tato třída dědí z třídy XYZColor.

```
CIEColor(double X, double Y, double Z, double XReference,  
double YReference, double ZReference, double[] wavelengths, double[]  
energySpectrum, CIEObserver observer, CIEIlluminant illuminant)
```

Význam některých parametrů je uveden zde:

**X, Y, Z** – trichromatické hodnoty X, Y, Z zapsané v double

Metody této třídy jsou `getEnergySpectrum()`, `getIlluminant()`, `getObserver()`, `getWavelengths()`, `getXReference()`, `getYReference()`, `getZReference()`. Metody děděné ze třídy XYZColor jsou `getColorDifference()`, `getColorSpaceValues()`, `getLittleX()`, `getLittleY()`, `getLittleZ()`, `getX()`, `getY()`, `getZ()`, `toString()`.

`getLittleX()` - metoda vrací hodnotu x v double,  $x=X/(X+Y+Z)$

`getLittleY()` - metoda vrací hodnotu y v double,  $y=Y/(X+Y+Z)$

`getLittleZ()` - metoda vrací hodnotu z v double,  $z=Z/(X+Y+Z)$

### 3.5.3 CIEConstants

Tato třída obsahuje standardy definované CIE ,jako jsou např. typ observeru, nebo illuminant. Konstanty jsou uloženy v binárních souborech. K získání těchto konstant slouží tyto metody:

`getIlluminant(JString name)` – vstupním parametrem této metody je zkratka illuminantu v JString(A, B, D50, D65 atd.), jehož hodnoty požadujeme a metoda je vrací v typu CIEIlluminant

`getObserver(JString name)` – name je typ požadovaného observeru(2-degree, 10-degree) a metoda vrací hodnotu v CIEObserver

### 3.5.4 CIEObserver

Třída uchovává informace o observeru (pozorovateli). Parametry této třídy jsou rozsah vlnových délek (wl), křivky hodnot x, y a z (x\_bar,y\_bar,z\_bar), které jsou potřebné pro vyvolání vjemu určité vlnové délky. Tyto parametry jsou typu `double[]`. Další tři parametry slouží ke slovnímu popisu daného observeru a jsou to `shortDescOrLocalizingString`, `longDescOrLocalizer` a `sourceReference` a udávají se v typu JString.

```
CIEObserver(double[] wl, double[] x_bar, double[] y_bar,
double[] z_bar, JString shortDescOrLocalizingString, JString
longDescOrLocalizer, JString sourceReference)
```

**wl** – rozsah vlnových délek pro které jsou definovány křivky x, y a z

**x\_bar, y\_bar, z\_bar** – křivky určující množství světla R,G,B která jsou potřebná pro vyvolání vjemu určité barvy (vlnové délky), jejich průběh je zobrazen na Obrázek 5.

**shortDescOrLocalizingString** – zkrácený název daného observeru

**longDescOrLocalizer** – úplný název observeru

**sourceReference** – upřesňující popis observeru

### 3.5.5 CIEIlluminant

Hodnoty v této třídě popisují illuminant. Je zde uveden rozsah vlnových délek a k nim odpovídající intenzita daného illuminantu. Stejně jako u předchozí třídy i zde jsou obsaženy parametry sloužící ke slovnímu popisu illuminantu.

```
CIEIlluminant(double[] wl, double[] val, JString
shortDescOrLocalizingString, JString longDescOrLocalizer, JString
sourceReference)
```

**wl** – rozsah vlnových délek

**val** – intenzity na jednotlivých vlnových délkách

**shortDescOrLocalizingString** – zkrácený název daného illuminantu

**longDescOrLocalizer** – úplný název illuminantu

**sourceReference** – upřesňující popis illuminantu

### 3.5.6 Spectrometer

Tato třída slouží k popisu všech spektrometrů firmy Ocean Optics. Jsou zde obsaženy všechny parametry, které jsou důležité pro další práci se spektrometrem. Jsou to např. index komunikačního kanálu spektrometru, integrační čas, počet pixelů CCD čipu nebo maximální intenzita (bod saturace) CCD čipu. Pro výpis těchto parametrů jsou v této třídě definované metody.

### 3.5.7 SpectrometerChannel

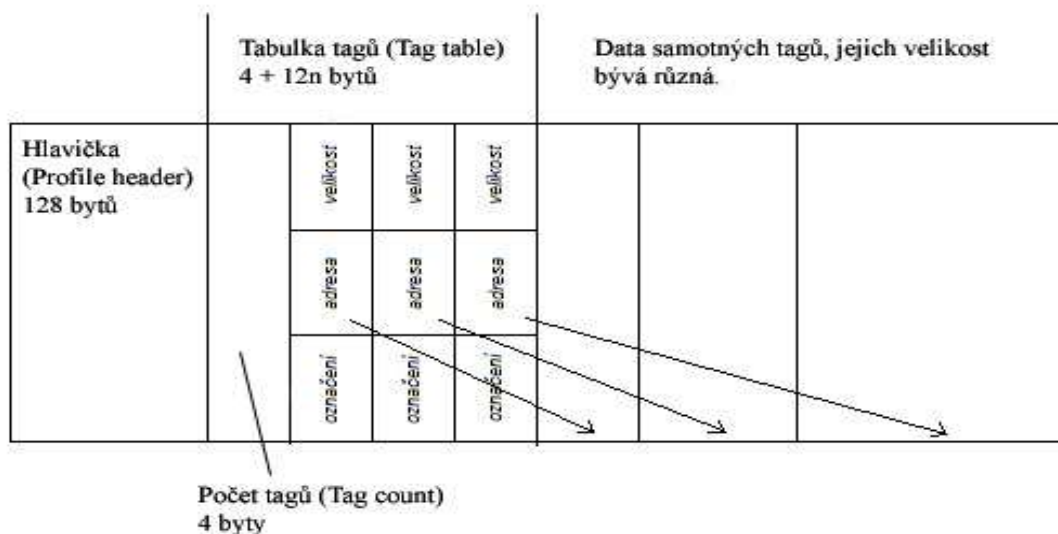
Třída slouží k práci se spektrem a spektrum by mělo přijaté přes tuto třídu. Firma Ocean Optics vyrábí multikanálové a jednodanálové spektrometry, většina vyráběných spektrometrů je ale jednodanálová, i spektrometr USB4000 používá pro komunikaci pouze jeden kanál. Objekt této třídy obsahuje parametry jako jsou index použitého kanálu, spektrometr, který vlastní tento kanál nebo pole vlnových délek pro každý pixel.

### 3.5.8 SpectralProcessor

V této třídě jsou definovány metody jednak pro výpis nastavených parametrů, ale především metody sloužící k nastavení těchto parametrů. Některé metody jsou děděné z jiných tříd a je to např. metoda `getNumberOfPixels`, která vrací počet všech pixelů, které jsou na CCD čipu. K vytvoření objektu této třídy je zapotřebí objekt typu `SpectrometerChannel`.

## 4. STRUKTURA ICC PROFILU

ICC profily jsou v systému správy barev pouze pasivní komponentou, tzn. neprovádějí žádnou činnost. Profil sám čistě jenom popisuje barevný prostor, případně v něm mohou být uloženy další informace, které jsou potřebné při konvertování z a do tohoto prostoru. S ICC profily se setkáváme ve formě binárních souborů s příponou \*.icc nebo \*.icm. Základní struktura takového souboru je na obrázku 22. Prvních 128 bytů je hlavička ve které jsou obsaženy název profilu, velikost, verze, platforma, pro jaký druh zařízení je určen atd. Za ní následuje „tag count“ ve kterém je zaznamenán počet tzv. tagů, pro který jsou vymezeny 4 byty. Dále je tabulka tagů, ve které je seznam adres a velikostí jednotlivých tagů (pro každý tag je vyčleněno 12 bytů). Zbytek profilu už jsou samotné tagy. Podle toho o jaký druh ICC profilu se jedná, jsou některé tagy povinné a jiné jsou volitelné.



Obrázek 22. Struktura ICC profilu.

### 4.1 HLAVIČKA PROFILU (PROFILE HEADER)

Jak už bylo řečeno hlavička profilu se skládá ze 128 bytů ve kterých jsou uloženy základní informace daného profilu. Význam jednotlivých bytů si popíšeme níže.

### **Velikost profilu (byty 0 - 3)**

Hodnota uložená na pozici těchto bytů udává celkovou velikost profilu a zahrnuje velikost hlavičky, velikost tabulky tagů a velikost všech jednotlivých tagů.

### **Preferovaný typ CMM (byty 4 - 7)**

Tyto byty slouží k identifikaci preferovaného typu CMM. Pokud není preferován je zde uložena hodnota 00000000h

### **Verze profilu (8 - 11)**

Zde je uvedena verze profilu.

### **Typ zařízení pro které je profil definován (12 - 15)**

Na těchto bytech je uložena informace, pro jaký druh zobrazovacího zařízení je daný profil určen. Každému druhu takového zařízení je přiřazena zkratka a k ní příslušná hodnota v hexa kódu (hexadecimálně vyjádřené ASCII hodnoty jednotlivých znaků). Seznam těchto zařízení a jejich zkratk je uveden v následující tabulce:

**Tabulka 3. Seznam zobrazovacích zařízení.**

<b>Druh ICC profilu</b>	<b>Zkratka</b>	<b>Hexa kód</b>
Profil vstupního zařízení	,scnr‘	73636E72h
Profil monitorů	,mntr‘	6D6E7472h
Profil tiskáren	,prtr‘	70727472h
Device link profile	,link‘	6C696E6Bh
Profil konverze gamutů	,spac‘	73706163h
Abstraktní profil	,abst‘	61627374h
Named colour profile	,nmcl‘	6E6D636Ch

### **Barevný prostor (16-20)**

Tyto byty určují jaký barevný prostor je tímto profilem popsán. Stejně jako u druhů zařízení jsou i barevným prostorům přiřazeny zkratky. V následující tabulce je zobrazena část barevných prostorů, které jsou ICC profily podporovány.

**Tabulka 4. Seznam barevných prostorů.**

Barevný prostor	Zkratka	Hexa kód
CIE 1931 XYZ	,XYZ‘	58595A20h
CIE 1976 (L*,a*,b*)	,Lab‘	4C616220h
CIE 1976 (L*,u*,v*)	,Luv‘	4C757620h
CIE Yxy	,Yxy‘	59787920h
RGB	,RGB‘	52474220h
HSV	,HSV‘	48535620h
HSL	,HLS‘	484C5320h
CMYK	,CMYK‘	434D594Bh

**Profile connection space (20-23)**

Zde je uveden typ PCS a ten může být CIE XYZ nebo CIE Lab, zkratky jsou uvedeny výše.

**Datum a čas vytvoření (24-35)**

Datum a čas jsou zapsány v typu dateTimeNumber což je 12-ti bytové číslo kde první dva byty určují rok, další měsíc, den, hodina, minuta a vteřina.

**Profile file signature (36-39)**

Na těchto bytech je uložena hodnota ,acsp‘(61637379h).

**Operační systém (40-43)**

Druh operačního systému, pro který je profil určen. Jejich seznam a příslušné zkratky jsou uvedeny níže.

**Tabulka 5. Výrobci OS.**

Výrobce OS	Zkratka	Hexa kód
Apple Computer, Inc	,APPL‘	4150504Ch
Microsoft Corporation	,MSFT‘	4D534654h
Silicon Graphics, Inc	,SGI‘	53474920h
Sun Microsystems, Inc	,SUNW‘	53554E57h

### **Signalizace profilu (44-47)**

Na pozici těchto bytů je uvedeno, zda se jedná o vložený (embedded) profil nebo ne.

### **Výrobce zařízení (48-51)**

Zde může být uvedena identifikace výrobce zařízení, pro které je profil vytvořen, ale není to povinné. Pokud je nevyužita je zde uložena hodnota 00000000h.

### **Model zařízení (52-55)**

Slouží k bližšímu popisu zařízení pro které je profil vytvořen. Opět není povinné a při nevyužití je nastaveno na 00000000h.

### **Vlastnosti zařízení (56-63)**

Jsou zde uvedeny vlastnosti, které se liší podle druhu zařízení. 32 nejméně významných bitů je rezervováno ICC. U zbylých 32 bitů jsou k definici vlastností využity první čtyři bity. První bit má význam – reflective(0), transparency(1); druhý bit – lesk(0), mat(1); třetí bit – pozitiv(0), negativ(1); čtvrtý bit – barva(0), černá-bílá(1).

### **Metoda převodu (64-67)**

Zde je uvedena metoda převodu, která se použije je-li profil kombinován s jiným ICC profilem.

### **Iluminant PCS (68-79)**

Typ iluminantu PCS zapsaný v hodnotách CIE XYZ. Ve skutečnosti je pro PCS povolen pouze iluminant D50(kde  $X=0,9642$   $Y=1,0$   $Z=0,8249$ ).

### **Tvůrce profilu (80-83)**

Tyto byty jsou určeny pro identifikaci tvůrce profilu. Pokud jsou nevyužity je zde uložena hodnota 00000000h.

### **ID profilu (84-99)**

Slouží pro uvedení ID profilu.

### **Rezervované byty (100-127)**

Tyto byty rezervovalo ICC pro budoucí rozšíření a jsou nastaveny na 0.

## 4.2 TABULKA TAGŮ (TAG TABLE)

Tabulka tagů slouží k popsání jednotlivých tagů. Je v ní obsažen celkový počet použitých tagů (4 byty), každému tagu je pak přiřazeno 12 bytů kde je uvedeno jméno tagu, jeho velikost a ukazatel na pozici tagu v profilu. Celková velikost tabulky tagů je pak  $4+12n$ , kde  $n$  je počet tagů.

### Počet tagů (byty 0-3)

Na pozici těchto bytů je uložen skutečný počet použitých tagů.

### Jméno tagu (4-7 opakuje se po 12 bytech)

Zde je uvedeno jméno tagu.

### Ukazatel na tag (8-11 opakuje se po 12 bytech)

Zde je uvedena adresa ukazující na začátek tagu v profilu.

### Velikost tagu (12-15 opakuje se po 12 bytech)

Zde je uvedena velikost tagu.

## 4.3 TAGY

Tagy v profilu jsou samotná data, která popisují barevný prostor daného zařízení. ICC definovalo standardní typy tagů, které rozdělují tagy podle dat v tagu obsažených. Jsou to např. typy, pomocí kterých můžeme zapsat do tagu text, trichromatické souřadnice, křivky nebo jiná data specifická pro daný tag. Některé tagy se tak mohou lišit svým významem, ale formát zápisu dat budou mít stejný. Všechny typy tagů jsou podrobně popsány v [10]. Dále uvedu pouze ty typy, které jsem použil při vytváření profilu.

### 4.3.1 textType

Tento typ slouží pro zapsání textového řetězce kódovaného v ASCII. První čtyři byty jsou název typu tagu tedy ,text' (74657874h). Další čtyři byty jsou rezervované pro budoucí rozšíření a jsou nastaveny na 00000000h. Poté následuje samotný text. Text může být libovolně dlouhý a musí být ukončen bytem s hodnotou 00h. V tomto formátu se zapisují například tyto tagy: Profile description tag, copyright tag.



### 4.3.2 XYZType

Tag tohoto typu obsahuje pole třech hodnot trichromatických souřadnic X, Y a Z. Na prvních čtyřech bytech je název typu tagu „XYZ“ (58595A20h), další čtyři byty jsou rezervovány. Dále následují vlastní hodnoty X, Y, Z, pro každou složku jsou vyhrazeny čtyři byty. Každá hodnota je zapsána jako osmi bytové hexadecimální číslo jak je uvedeno v následující tabulce:

**Tabulka 6. Způsob zápisu desetinného čísla.**

Číslo	Hexa kód
0	00000000h
1,0	00010000h
$65535 + (65536/65536)$	FFFFFFFFh
$0.848754 = 55624/65536$	0000D948h

Tento typ se využívá pro zápis Media white point tagu, rXYZ tagu a dalších, u kterých je potřeba zapsat trichromatické souřadnice.

### 4.3.3 parametricCurveType

Tento typ umožňuje zápis křivky pomocí typu dané funkce a jejich parametrů. Možné funkce jsou uvedeny níže:

**Tabulka 7. Možné funkce v parametricCurveType.**

Délka v bytech	Typ funkce	Hexa kód	Parametry
4	$Y = X^\gamma$	0000h	$\gamma$
12	$Y = (aX + b)^\gamma; (X \geq -b/a)$ $Y = 0; (X < -b/a)$	0001h	$\gamma$ a b
16	$Y = (aX + b)^\gamma + c; (X \geq -b/a)$ $Y = c; (X < -b/a)$	0002h	$\gamma$ a b c
20	$Y = (aX + b)^\gamma; (X \geq d)$ $Y = cX; (X < d)$	0003h	$\gamma$ a b c d
28	$Y = (aX + b)^\gamma + e; (X \geq d)$ $Y = (cX + f); (X < d)$	0004h	$\gamma$ a b c d e f

Význam bytů v tomto typu je popsán v následující tabulce:

**Tabulka 8. Význam bytů v parametricCurveType.**

Byty číslo	Obsah
0 - 3	Název typu tagu ,curv' (63757276h)
4 - 7	Rezervováno, nastaveno na 0
8 - 9	Hexa kód typu funkce
10 - 11	Rezervováno, nastaveno na 0
12 - konec	Jeden nebo více parametrů

V tomto formátu se zapisují například rTRC tag, gTRC tag a bTRC tag.

#### **4.4 POŽADOVANÉ TAGY**

Zpravidla se profily dělí podle zařízení, pro které jsou určeny a tak jsou jednotlivé tagy pro některá zařízení povinné, jiné jsou naopak volitelné. Pro všechny profily, kromě Device link profilu, jsou však povinny tyto tagy:

Profile description tag, Copyright tag, Media white point tag.

##### **4.4.1 Profily vstupních zařízení**

Tyto profily jsou obvykle používány pro vstupní zařízení (např. scannery a digitální fotoaparáty a kamery). Dělí se na tři druhy a to N-component LUT-based, Three-component matrix-based a monochromatický profil.

##### **N-component LUT-based profil:**

Profil tohoto typu by měl kromě tří výše uvedených tagů obsahovat AtoB0 tag.

##### **Three-component matrix-based profil:**

V tomto profilu musí být obsaženy tyto tagy: Red matrix column tag, Green matrix column tag, Blue matrix column tag, Red TRC tag, Green TRC tag, Blue TRC tag.

##### **Monochromatický profil:**

Spolu se třemi povinnými tagy je zde požadován Grey TRC tag.

#### 4.4.2 Profily monitorů

Tento typ profilu se používá pro zobrazovací zařízení, jako jsou monitory. Stejně jako u profilu pro vstupní zařízení je i tento profil dělen na tři druhy.

##### **N-component LUT-based profil:**

Musí obsahovat AtoB0 a BtoA0 tag.

##### **Three-component matrix-based profil:**

V tomto profilu musí být obsaženy tyto tagy: Red matrix column tag, Green matrix column tag, Blue matrix column tag, Red TRC tag, Green TRC tag, Blue TRC tag.

##### **Monochromatický profil:**

Spolu se třemi povinnými tagy je zde požadován Grey TRC tag.

#### 4.5 PŘÍKLAD VYTVOŘENÍ ICC PROFILU

Samotné vytvoření ICC profilu není nic jiného než zápis hexadecimálních hodnot do binárního souboru. Nejprve je potřeba zapsat hlavičku profilu (128 bytů), je nutné dodržet pořadí jednotlivých bytů, tak jak je uvedeno v 4.1. Zapsaná hlavička ICC profilu může v souboru vypadat následovně (prvních sedm číslic vyjadřuje číslo prvního bytu na řádku v hexa):

```
0000000  00 00 02 3A 00 00 00 00  02 10 00 00 6D 6E 74 72
0000010  52 47 42 20 58 59 5A 20  07 D9 00 05 00 01 00 0C
0000020  00 0D 00 33 61 63 73 70  4D 53 46 54 00 00 00 00
0000030  56 55 54 20 32 30 30 39  00 00 00 01 00 00 00 00
0000040  00 01 00 00 00 00 00 F6 D5  00 01 00 00 00 00 D3 2B
0000050  68 72 61 62 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00
0000060  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00
0000070  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00
```

Podle pozice jednotlivých bytů snadno určíme význam těchto hexadecimálních hodnot. Informace obsažená v této hlavičce bude tedy následující:

Řádek 0000000:

Velikost profilu v bytech: 0000023Ah = 570

CMM ID: 00000000h = 0

Verze profilu: 02100000h (2.1.0.0)

Typ zařízení: 6D6E7472h ASCII = ,mntr‘

Řádek 0000010 – 0000020:

Barevný prostor: 52474220h ASCII = ,RGB ‘

PCS: 58595A20h ASCII = ,XYZ ‘

Datum: rok - 07D9h = 2009, měsíc – 0005h = 5, den – 0001h = 1

Čas: hodina – 000Ch = 12, minuta – 000Dh = 13, vteřina – 0033h = 51

Profile file sign.: 61637370h ASCII = ,acsp‘

Operační systém: 4D534654h ASCII = ,MSFT‘

Signalizace profilu: 00000000h (jedná se o non-embedded profil)

Řádek 0000030:

Výrobce: 56555420h ASCII = ,VUT ‘

Model: 32303039h ASCII = ,2009‘

Vlastnosti zařízení: 00000001h (transparency, lesk, pozitiv, barva)

Řádek 0000040:

Metoda převodu: 00010000h (relativní kolorimetrická)

Illuminant: 0000F6D5h = 63189/65536 = 0.964188 (X)

00010000h = 65536/65536 = 1.000000 (Y)

0000D32Bh = 54059/65536 = 0.824875 (Z)

Řádek 0000050:

Tvůrce: 68726162h ASCII = ,hrab‘

Zbytek hlavičky jsou rezervované byty pro budoucí rozšíření a jsou vyplněny nulou. Za hlavičkou profilu následuje tabulka tagů. Nejdříve je zapsán počet  $n$  použitých tagů, pro který jsou vyhrazeny 4 byty. Následuje  $12n$  bytů, kde jsou uvedeny názvy, ukazatele a velikosti jednotlivých tagů. Výsledná zapsaná tabulka tagů potom může vypadat takto:

0000080	00 00 00 0A	<u>63 70 72 74</u>	00 00 00 FC	00 00 00 2A
0000090	<u>77 74 70 74</u>	00 00 01 28	00 00 00 14	<u>62 6B 70 74</u>
00000A0	00 00 01 3C	00 00 00 14	<u>64 65 73 63</u>	00 00 01 50
00000B0	00 00 00 7E	<u>72 58 59 5A</u>	00 00 01 D0	00 00 00 14
00000C0	<u>67 58 59 5A</u>	00 00 01 E4	00 00 00 14	<u>62 58 59 5A</u>
00000D0	00 00 01 F8	00 00 00 14	<u>72 54 52 43</u>	00 00 02 0C
00000E0	00 00 00 0E	<u>67 54 52 43</u>	00 00 02 1C	00 00 00 0E
00000F0	<u>62 54 52 43</u>	00 00 02 2C	00 00 00 0E	.. .. .

Každý podtržený čtyř byte je název tagu, za ním je uvedena adresa začátku samotného tagu a jeho velikost. Na prvním řádku bude tedy obsažena tato informace:

Řádek 0000080:

Počet tagů v profilu: 0000000Ah = 10

Název tagu: 63707274h ASCII = ,cprt‘

Začátek tagu: 000000FCh = 252

Velikost tagu (v bytech): 0000002Ah = 42

Informace obsažená ve zbylých bytech se získá analogicky s předchozím postupem. Za tabulkou tagů už následují samotné tagy. Zápis se pro různé tagy liší, struktura některých typů tagů je uvedena v 4.3.

## 5. REALIZACE OVLÁDÁNÍ SPEKTROMETRU

Spektrometr se k počítači připojuje jednoduše pomocí USB kabelu. Nejdříve je ale potřeba nainstalovat ovladače. Ovladač pro spektrometry firmy Ocean Optics má název OmniDriver. Jedná se o ovládací nástroj, který obsahuje knihovny funkcí zprostředkovávající spojení, nastavení a získávání dat ze spektrometru. K tomuto ovladači je také připojen SPAM (Spectral Processing and Manipulation), což je soubor knihoven pro práci se spektrometrickými daty. SPAM lze použít i samostatně, nezávisle na spektrometrech Ocean Optics. Instalace se spouští souborem OmniDriverSPAM\_Windows.exe. Po dokončení instalace musí být ovládací knihovna OmniDriverSPAM32.dll načtena do registru pomocí příkazu `regsvr32`. To je možné provést buď přímo z příkazové řádky nebo pomocí přiloženého souboru `Windows_Reg.bat`, ve kterém je tento příkaz obsažen. Protože je tento ovladač vytvořen v prostředí Java, je ke správné funkci zapotřebí nainstalovat Java Development Kit (JDK), který umožňuje využívat knihovny funkcí v programovacím jazyku C++. Před vlastním vytvářením projektu je třeba nainstalované knihovny do projektu zahrnout.

### 5.1 PROGRAM

Vlastní program je napsán v programovacím jazyku C++ ve vývojovém prostředí Microsoft Visual Studio 6.0. Program slouží k získání dat ze spektrometru a jejich implementaci do vytvářeného ICC profilu. Data ze spektrometru jsou rozsah vlnových délek a odpovídající intenzita na těchto vlnových délkách. Tyto hodnoty jsou pak pomocí nainstalovaných knihoven funkcí převedeny do formátu CIE XYZ, který je vyžadován při zápisu do ICC profilu. Po získání všech potřebných hodnot (trichromatické hodnoty červené, zelené a modré barvy, hodnoty bílého a černého bodu) je vytvořen samotný ICC profil.

Program je tedy rozdělen na dvě části. První je získání a zpracování dat ze spektrometru, druhou je vytvoření ICC profilu.

### 5.1.1 Získání a zpracování dat ze spektrometru

Pro tuto část programu byla vytvořena funkce `getData()`, která vyhledá dostupný spektrometr a sejme z něj data v podobě intenzit na jednotlivých vlnových délkách. Tato data jsou pomocí metody `computeEmissiveCromaticity()` převedena na hodnoty XYZ. Pro větší přesnost je při každém takovémto měření načteno sto hodnot XYZ, ze kterých je pomocí vytvořené funkce `prumer()` vypočtena průměrná hodnota těchto trichromatických souřadnic.

### 5.1.2 Vytvoření ICC profilu

Tato část programu slouží pro vytvoření ICC profilu. Jsou zde vytvořeny funkce sloužící pro zápis hlavičky a tagů. Jednotlivé funkce jsou popsány dále.

`createHead(FILE* fd, int ntags)`

- funkce slouží pro zápis hlavičky, má dva parametry, `fd` je soubor do kterého se bude hlavička zapisovat a `ntags` je počet tagů které budou v ICC profilu obsaženy.

`createCPRTtag(FILE* fd, char* txt)`

- zapíše do souboru `fd` copyright tag s textem `txt`.

`createDESCtag(FILE* fd)`

- do souboru `fd` je zapsán profile description tag.

`createWTPTtag(FILE* fd, double* WTPT)`

- slouží pro zapsání media whitepoint tagu do souboru `fd`, parametr `WTPT` jsou trichromatické souřadnice XYZ bílého bodu.

`createBXYZtag(FILE* fd, double* Bslozka)`

- funkce zapisující do souboru `fd` bXYZ tag, parametr `Bslozka` jsou trichromatické souřadnice modré barvy.

`createGXYZtag(FILE* fd, double* Gslozka)`

- funkce zapisující do souboru `fd` gXYZ tag, parametr `Gslozka` jsou trichromatické souřadnice zelené barvy.

`createRXYZtag(FILE* fd, double* Rslozka)`

- funkce zapisující do souboru fd rXYZ tag, parametr Rslozka jsou trichromatické souřadnice červené barvy.

```
createRTRCtag(FILE* fd)
```

- zapíše do souboru fd rTRC tag.

```
createGTRCtag(FILE* fd)
```

- zapíše do souboru fd gTRC tag.

```
createBTRCtag(FILE* fd)
```

- zapíše do souboru fd bTRC tag.

Všechny funkce, kromě createHead() obsahují algoritmus pro zápis názvu, ukazatele a velikosti tagu do tabulky tagů a algoritmus pro úpravu skutečné velikosti profilu v hlavičce profilu.

### 5.1.3 Ovládání programu

Program je vytvořen jako konzolová aplikace a ovládá se pomocí textového menu. Úvodní menu je rozděleno na dvě části. Nalevo jsou uvedeny možnosti dalších kroků a napravo jsou zobrazeny zadané nebo naměřené hodnoty RGB a bílého bodu. Možnosti dalších kroků jsou Změnit barvy RGB (M), Změnit bílý bod (W), Vytvořit ICC profil (C) a Konec (X).

**Změnit barvy RGB (M)** - V této části je možné zadat vlastní hodnoty barev RGB nebo je změřit pomocí spektrometru. Po stisknutí klávesy M je zobrazena nabídka těchto voleb: Změřit červenou barvu (R), Zadat červenou barvu (O), Změřit zelenou barvu (G), Zadat zelenou barvu (P), Změřit modrou barvu (B), Zadat modrou barvu (Q), Změřit okolní spektrum (S), Zpět (Z).

**Změnit bílý bod (W)** – Slouží pro zadání vlastních hodnot bílého bodu nebo jej změřit pomocí spektrometru. Následující volby jsou zobrazeny je-li stisknuta klávesa W: Změřit bílý bod (M), Zadat vlastní bílý bod (V), Zpět (Z).

**Vytvořit ICC profil (C)** – Umožňuje zadat text, který bude uvedený v Profile description a Copyright tagu a vytvořit ICC profil ze zadaných nebo naměřených hodnot. Tato nabídka voleb se zobrazí stisknutím C: Copyright tag (A), Description tag (B), Start (S), Zpět (Z)

**Konec (X)** – Ukončí program.

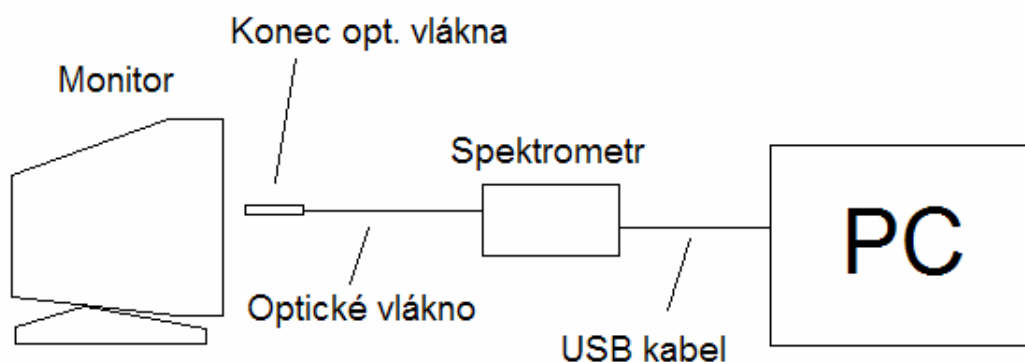


```
#####
#                                     ##                                     #
# [M]-Zmenit barvy RGB               ## XYZ hodnoty RGB                #
# [W]-Zmenit bily bod                ## -----                        #
# [C]-Uytvorit ICC profil            ## -R-RED-----                #
# [X]-Konec                          ## X: 0.000000                    #
#                                     ## Y: 0.000000                    #
#                                     ## Z: 0.000000                    #
#                                     ## -G-GREEN---                #
#                                     ## X: 0.000000                    #
#                                     ## Y: 0.000000                    #
#                                     ## Z: 0.000000                    #
#                                     ## -B-BLUE-----                #
#                                     ## X: 0.000000                    #
#                                     ## Y: 0.000000                    #
#                                     ## Z: 0.000000                    #
#                                     ##                                     #
#                                     ## Bily bod                        #
#                                     ## -----                        #
#                                     ## X: 0.000000                    #
#####                               ## Y: 0.000000                    #
#                                     ## Z: 0.000000                    #
#                                     ##                                     #
#####
```

Obrázek 23. Textové menu ve vytvořeném programu.

## 6. IDENTIFIKACE BAREVNÉHO PROSTORU

Identifikace barevného prostoru byla provedena pro monitor Samsung SyncMaster 950p Plus, ke kterému je dodán ICC profil vytvořený od výrobce a se kterým je výsledný profil porovnán. Nejprve bylo zapotřebí změřit barvy RGB, které monitor zobrazuje. Měření probíhalo na Ústavu automatizace a měřicí techniky, v laboratoři počítačového vidění, ve které je k dispozici spektrometr USB4000. Měření bylo uspořádáno tak, jak je uvedeno na obrázku 24. Nejdříve byla na monitoru zobrazena barva, která byla právě měřena, poté proběhlo vlastní měření vyzařovaného spektra.



Obrázek 24. Uspořádání měření.

### 6.1 ZOBRAZENÍ BAREV RGB NA MONITORU

Pro zobrazení barev na monitoru byl použit program DisplayMate [16], pomocí kterého se jednotlivé barvy (červená, zelená a modrá) dají jednoduše zobrazovat. Program slouží pro kalibraci monitorů a obsahuje velké množství dalších funkcí, které nejsou pro tuto práci důležité. Na monitoru byly tedy postupně zobrazovány barvy RGB a spektrum vyzařované danou barvou bylo změřeno.

### 6.2 MĚŘENÍ VYZAŘOVANÉHO SPEKTRA

Spektrum vyzařované monitorem při zobrazení daných barev bylo změřeno spektrometrem USB4000. Pro získání dat o daném spektru byl použit vytvořený algoritmus a program SpectraSuite, který byl dodán spolu s knihovnami funkcí ke

spektrometru. Při měření za pomoci vytvořeného algoritmu, bylo nejdříve změřeno okolní spektrum (světelné podmínky, za kterých měření probíhalo), které sloužilo ke korekci měřeného spektra. Poté už bylo měřeno samotné spektrum vyzařované danou barvou, ze kterého byly vypočítány trichromatické souřadnice XYZ. Měření bylo provedeno čtyřikrát pro každou barvu ve dvou bodech na monitoru, naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tabulkách 9 - 11 .

**Tabulka 9. Naměřené hodnoty červené barvy ve vytvořeném programu.**

Složka	Měření v bodě 1				Měření v bodě 2			
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
X	0,2716	0,3516	0,5461	0,2625	0,3507	0,3423	0,3549	0,3512
Y	0,3001	0,3298	0,3713	0,2345	0,2569	0,3288	0,3273	0,3429
Z	0,4219	0,3120	0,0825	0,4971	0,3852	0,3220	0,3123	0,2991

**Tabulka 10. Naměřené hodnoty zelené barvy ve vytvořeném programu.**

Složka	Měření v bodě 1				Měření v bodě 2			
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>
X	0,5542	0,3600	0,4970	0,3438	0,3403	0,3349	0,3083	0,3333
Y	0,2403	0,5973	0,3353	0,3695	0,6207	0,3606	0,2101	0,3689
Z	0,1981	0,0426	0,1607	0,2801	0,0388	0,2979	0,4270	0,2912

**Tabulka 11. Naměřené hodnoty modré barvy ve vytvořeném programu.**

Složka	Měření v bodě 1				Měření v bodě 2			
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>
X	0,3431	0,2675	0,0153	0,3600	0,3431	0,2675	0,1267	0,3600
Y	0,3217	0,3036	0,0729	0,3797	0,3217	0,3036	0,1705	0,3797
Z	0,3285	0,4213	0,9116	0,2529	0,3285	0,4213	0,7026	0,2529

Další měření proběhlo za použití programu SpectraSuite. Zde bylo opět nejdříve změřeno okolní spektrum. Stejně jako u předchozího měření i zde byla každá barva proměřena čtyřikrát ve dvou bodech. Hodnoty z tohoto měření jsou uvedeny v Tabulkách 12 - 14

**Tabulka 12. Naměřené hodnoty červené barvy v SpectraSuite.**

Složka	Měření v bodě 1				Měření v bodě 2			
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
X	0,6370	0,6371	0,6361	0,6412	0,6282	0,6286	0,6316	0,6334
Y	0,3380	0,3396	0,3410	0,3403	0,3418	0,3418	0,3432	0,3392
Z	0,0251	0,0233	0,0230	0,0185	0,0300	0,0296	0,0251	0,0274

**Tabulka 13. Naměřené hodnoty zelené barvy v SpectraSuite.**

Složka	Měření v bodě 1				Měření v bodě 2			
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>
X	0,3325	0,3301	0,3311	0,3305	0,3290	0,3288	0,3320	0,3293
Y	0,5905	0,5923	0,5875	0,5917	0,5905	0,5825	0,5881	0,5771
Z	0,0770	0,0776	0,0814	0,0779	0,0805	0,0888	0,0961	0,0936

**Tabulka 14. Naměřené hodnoty modré barvy v SpectraSuite.**

Složka	Měření v bodě 1				Měření v bodě 2			
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>
X	0,1597	0,1657	0,1648	0,1635	0,1681	0,1633	0,1616	0,1612
Y	0,0980	0,1026	0,1027	0,1014	0,1081	0,0965	0,0961	0,0928
Z	0,7423	0,7318	0,7326	0,7351	0,7278	0,7402	0,7423	0,7460

U obou měření byla také změřena hodnota bílého bodu, ta je uvedena v Tabulce 15 a 16.

**Tabulka 15. Naměřené hodnoty bílého bodu v programu SpectraSuite.**

Složka	Měření v bodě 1				Měření v bodě 2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
X	0,3795	0,3793	0,3797	0,3801	0,3804	0,3807	0,3781	0,3800
Y	0,3726	0,3730	0,3726	0,3723	0,3714	0,3724	0,3700	0,3728
Z	0,2479	0,2478	0,2478	0,2476	0,2483	0,2470	0,2519	0,2472

**Tabulka 16. Naměřené hodnoty bílého bodu ve vytvořeném programu.**

Slož.	Měření v bodě 1				Měření v bodě 2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
X	0,334402	0,367986	0,358519	0,386818	0,377992	0,295971	0,333972	0,348191
Y	0,337259	0,346129	0,364802	0,251129	0,114793	0,265117	0,340007	0,382329
Z	0,321969	0,278760	0,269939	0,355722	0,500832	0,432560	0,319429	0,263037

Hodnoty naměřené pomocí vytvořeného programu neodpovídaly teoretickému předpokladu a od hodnot naměřených ve SpectraSuite se výrazně lišily. Odchytky mohly být způsobené špatnou inicializací knihoven funkcí pro získání spektra ve vytvořeném programu, ale po kontrole této části programu nebyla žádná chyba odhalena. Další příčinou mohl být výpočet průměrné hodnoty z malé škály vzorků. Jednou z možností může být i výskyt chyby v ovladači ke spektrometru, tuto skutečnost se však nepodařilo potvrdit. Z důvodu těchto odchylek u hodnot naměřených ve vytvořeném programu jsou tyto hodnoty pro vytvoření ICC profilu nevhodné, a proto jsou dále použity hodnoty naměřené v programu SpectraSuite, ze kterých byla vypočítána průměrná hodnota uvedena Tabulce 17.

**Tabulka 17. Průměrné hodnoty z měření v programu SpectraSuite.**

Složka	R	G	B	White point
X	0,634150	0,330413	0,163488	0,379725
Y	0,340613	0,587525	0,099775	0,372138
Z	0,025250	0,084113	0,737263	0,248188

### 6.3 ZÁPIS NAMĚŘENÝCH DAT DO ICC PROFILU

Zápis naměřených hodnot do ICC profilu byl proveden za použití vytvořeného programu. Nejdříve byla zapsána hlavička, ve které je uvedena informace, že se jedná o profil popisující monitor, datum a čas vytvoření profilu a další informace, které jsou popsány v 4.1. Jako první byl zapsán copyright tag. Do profile description tagu byl zapsán text s názvem proměřeného monitoru, tedy „Samsung SyncMaster 950p Plus“. Následoval zápis media whitepoint tagu. Naměřené hodnoty byly postupně zapisovány do rXYZ tagu, gXYZ tagu a bXYZ tagu. Do každého z těchto tagů byly zapsány hodnoty barvy odpovídající danému tagu. Nakonec byly zapsány rTRC, gTRC a bTRC tagy s hodnotou gammy  $\gamma = 2,2$ , která je doporučena pro rovnoměrné vnímání tónové stupnice lidským okem.

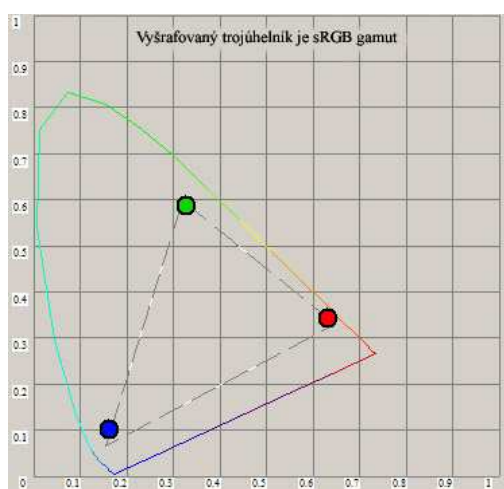
### 6.4 POROVNÁNÍ PROFILŮ

Vytvořený ICC profil je porovnáván s profilem dodaným výrobcem k monitoru Samsung SyncMaster 950p Plus. V tabulce 18 jsou uvedeny hodnoty XYZ RGB barev, které jsou obsaženy v obou profilech. Z této tabulky je vidět, že se všechny hodnoty od sebe liší, největší rozdíl je u červené a zelené barvy.

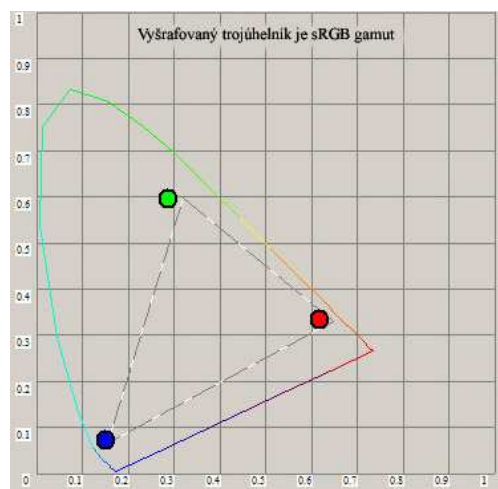
**Tabulka 18. Hodnoty XYZ uvedené v profilech ICC.**

Složka	Vytvořený profil			Dodaný profil		
	R	G	B	R	G	B
X	0,634150	0,330413	0,163488	0,51248	0,32193	0,12987
Y	0,340613	0,587525	0,099775	0,27608	0,66280	0,06111
Z	0,025250	0,084113	0,737263	0,03801	0,12921	0,65785

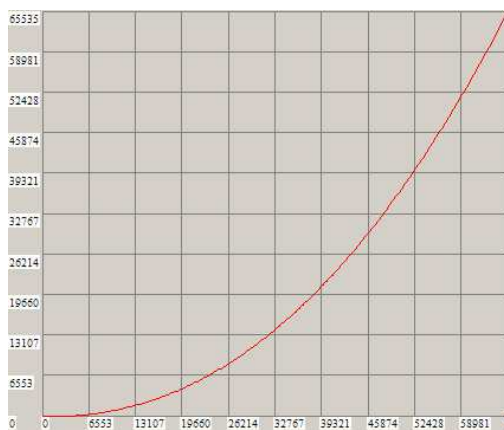
Pro lepší znázornění jsou tyto hodnoty zobrazeny v diagramu chromatičnosti CIE (Obrázek 25 a 26). Zde můžeme vidět skutečný tvar RGB gamutu, který je u vytvořeného profilu v bodě červené a zelené barvy mírně posunut vpravo po ose x, oproti profilu dodanému. Tyto odchylky jsou pravděpodobně způsobeny používáním a stářím monitoru. Dále jsou porovnány křivky TRC obsažené v profilech. Jejich průběhy jsou uvedeny v obrázku 27 a 28. Rozdíl těchto průběhů je jen nepatrný.



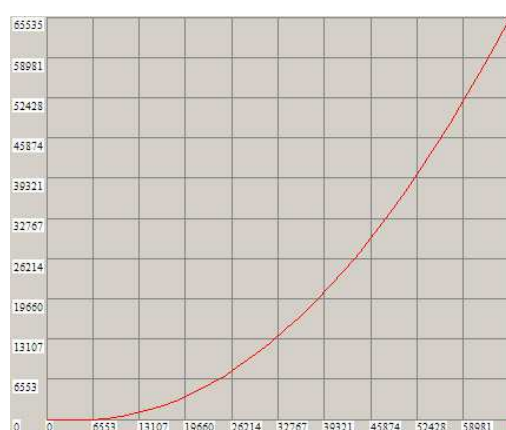
Obrázek 25. RGB gamut vytv. profilu.



Obrázek 26. RGB gamut dod. profilu.



Obrázek 27. TRC křivka vytv. profilu.



Obrázek 28. TRC křivka dod. profilu.

## 7. ZÁVĚR

Úvod práce se zabývá základní problematikou spektrometrie. Jsou zde uvedeny dosavadní poznatky o světle a jeho fyzikální podstatě. Dále je vysvětlen pojem barva a seznámení s některými barevnými modely, které se v běžné praxi používají. Problémy reprezentace obrazů na zobrazovacích zařízeních řeší správa barev, u které jsou popsány možné metody převodů mezi jednotlivými barevnými prostory a možnosti jejich využití.

Další část je věnována možnostem spektrometru a programového vybavení, které jsou dostupné na pracovišti UAMT. Zde je popsán spektrometr USB4000 a k němu dodaný software spolu s knihovnami funkcí. U knihovny funkcí byl sepsán popis tříd a metod, které byly použity při realizaci algoritmu k ovládání spektrometru.

Pro uchování informace o barevném prostoru je specifikována struktura ICC profilu a jeho tvorba. Tato struktura, spolu s příkladem vytvoření profilu, je uvedena v kapitole 5.

Po rozboru existujících řešení (aplikace SpectraSuite), následoval vlastní návrh programu. Nejprve je uveden postup při instalaci ovladače pro komunikaci se spektrometrem. Knihovny funkcí byly vytvořeny pro programovací jazyky Java, Visual Basic a C++. Pro tvorbu vlastního programu byl zvolen programovací jazyk C++, protože byl náplní některých předmětů během studia a protože je poměrně hodně rozšířen. Program je navržen pro získání dat ze spektrometru a jejich implementaci do ICC profilu. Část programu sloužící pro získání dat, využívá knihovny funkcí a stará se o spojení a nastavení spektrometru. Tvorba profilu je úkolem druhé části programu, ve které jsou obsaženy funkce umožňující zápis jednotlivých prvků ICC profilu.

Za použití vytvořeného algoritmu a programu SpectraSuite byla provedena identifikace barevného prostoru monitoru Samsung SyncMaster 950p Plus. Zde bylo skutečně měření barev zobrazených monitorem a vytvoření ICC profilu. Hodnoty, které byly získány z vlastního programu, neodpovídaly teoretickému předpokladu a oproti hodnotám naměřeným v programu SpectraSuite byly naprosto



chybné. Odchylka mohla být způsobena špatnou inicializací knihoven funkcí, ale v této části nebyla chyba nalezena. Zvýšení nepřesnosti mohlo být zaviněno i výpočtem průměrné hodnoty z malého počtu vzorků, ale vzniklé odchylky by nedosahovaly tak velkých hodnot. Jedna z příčin mohl být také výskyt chyby v ovladači ke spektrometru, ale tuto možnost se nepodařilo u Ocean Optics včas ověřit. Pro vytvoření ICC profilu byly tedy použity hodnoty naměřené ve SpectraSuite a samotná tvorba profilu byla provedena vytvořeným programem.

Výsledný profil je porovnán s profilem dodaným k měřenému monitoru. Hodnoty barev RGB obsažené v obou profilech se od sebe mírně lišily, to je pravděpodobně způsobeno stářím monitoru a změřením pouze jednoho exempláře (u profilu dodaného výrobcem byl pravděpodobně proměřen větší počet monitorů). Proto se domnívám, že vytvořený profil se více blíží skutečnému barevnému prostoru daného monitoru a je tedy pro jeho popis vhodnější. Po určité době by bylo ale vhodné monitor znovu proměřit a případné odchylky zohlednit.

Pokračování práce by mělo být zaměřeno na odstranění chyby v algoritmu pro získání spektra. K tomu by mohla být vhodná konzultace se zastoupením Ocean Optics (Safibra [17]), případně přímo s firmou Ocean Optics. Použití novějších ovladačů by také mohlo vést k eliminaci chyby. I přes vzniklou chybu si myslím že zadání práce bylo splněno.

## **SEZNAM ZKRATEK**

CCD	Charge-Coupled Device
CIE	Commission internationale de l'éclairage
CMM	Color Management Module
CMS	Color Management System
CMY	Cyan, Magenta, Yellow
CRT	Cathode Ray Tube
HLS	Hue, Lightness, Saturation
HSV	Hue, Saturation, Value
ICC	International Color Consortium
LCD	Liquid Crystal Display
PCS	Profile Connection Space
TRC	Tone Reproduction Curve

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Obsah souboru SyncMaster.icc.....60

Příloha B Obsah souboru SM950PP.icm.....61

**Příloha A Obsah souboru SyncMaster.icc**

```

00000000: 00 00 02 26 4B 43 4D 53 | 02 10 00 00 6D 6E 74 72
00000010: 52 47 42 20 58 59 5A 20 | 07 D9 00 05 00 1B 00 14
00000020: 00 20 00 31 61 63 73 70 | 4D 53 46 54 00 00 00 00
00000030: 56 55 54 20 32 30 30 39 | 00 00 00 01 00 00 00 00
00000040: 00 01 00 00 00 00 00 F6 D5 | 00 01 00 00 00 00 D3 2B
00000050: 68 72 61 62 00 00 00 00 | 00 00 00 00 00 00 00 00
00000060: 00 00 00 00 00 00 00 00 | 00 00 00 00 00 00 00 00
00000070: 00 00 00 00 00 00 00 00 | 00 00 00 00 00 00 00 00
00000080: 00 00 00 0A 63 70 72 74 | 00 00 00 FC 00 00 00 2A
00000090: 77 74 70 74 00 00 01 28 | 00 00 00 14 64 65 73 63
000000A0: 00 00 01 3C 00 00 00 7E | 72 58 59 5A 00 00 01 BC
000000B0: 00 00 00 14 67 58 59 5A | 00 00 01 D0 00 00 00 14
000000C0: 62 58 59 5A 00 00 01 E4 | 00 00 00 14 72 54 52 43
000000D0: 00 00 01 F8 00 00 00 0E | 67 54 52 43 00 00 02 08
000000E0: 00 00 00 0E 62 54 52 43 | 00 00 02 18 00 00 00 0E
000000F0: 00 00 00 00 00 00 00 00 | 00 00 00 00 74 65 78 74
00000100: 00 00 00 00 56 55 54 20 | 46 45 4B 54 20 32 30 30
00000110: 39 00 00 00 00 00 00 00 | 00 00 00 00 00 00 00 00
00000120: 00 00 00 00 00 00 00 00 | 58 59 5A 20 00 00 00 00
00000130: 00 00 00 00 00 00 00 00 | 00 00 00 00 64 65 73 63
00000140: 00 00 00 00 00 00 00 24 | 53 61 6D 73 75 6E 67 20
00000150: 53 79 6E 63 4D 61 73 74 | 65 72 20 39 35 30 70 20
00000160: 50 6C 75 73 00 00 00 00 | 00 00 00 00 00 00 00 00
00000170: 00 00 00 00 00 00 00 00 | 00 00 00 00 00 00 00 60
00000180: 3D 43 00 00 00 01 3C 51 | 87 1D 4A 00 00 00 00 00
00000190: 00 00 00 00 00 00 00 00 | 00 00 00 53 79 6E 63 4D
000001A0: 61 73 74 65 72 32 2E 69 | 63 63 00 00 00 00 00 00
000001B0: 00 00 00 00 00 00 00 00 | 00 00 00 00 58 59 5A 20
000001C0: 00 00 00 00 00 00 A8 9C | 00 00 56 56 00 00 01 14
000001D0: 58 59 5A 20 00 00 00 00 | 00 00 55 2A 00 00 9B 6D
000001E0: 00 00 0F 71 58 59 5A 20 | 00 00 00 00 00 00 26 88
000001F0: 00 00 10 85 00 00 C8 BD | 63 75 72 76 00 00 00 00
00000200: 00 00 00 01 02 38 00 00 | 63 75 72 76 00 00 00 00
00000210: 00 00 00 01 02 38 00 00 | 63 75 72 76 00 00 00 00
00000220: 00 00 00 01 02 38

```

**Příloha B Obsah souboru SM950PP.icm**

```

00000000: 00 00 04 BC 4B 43 4D 53 | 02 00 00 00 6D 6E 74 72
00000010: 52 47 42 20 58 59 5A 20 | 07 CF 00 06 00 0B 00 11
00000020: 00 05 00 06 61 63 73 70 | 4D 53 46 54 00 00 00 00
00000030: 53 61 6D 73 53 79 6E 63 | 00 00 00 00 00 00 00 00
00000040: 00 00 00 01 00 00 F6 D5 | 00 01 00 00 00 00 D3 2C
00000050: 00 00 00 00 00 00 00 00 | 00 00 00 00 00 00 00 00
00000060: 00 00 00 00 00 00 00 00 | 00 00 00 00 00 00 00 00
00000070: 00 00 00 00 00 00 00 00 | 00 00 00 00 00 00 00 00
00000080: 00 00 00 0B 63 70 72 74 | 00 00 01 08 00 00 00 4E
00000090: 63 61 6C 74 00 00 01 58 | 00 00 00 14 4B 30 30 37
000000A0: 00 00 01 6C 00 00 01 25 | 64 65 73 63 00 00 02 94
000000B0: 00 00 00 F2 77 74 70 74 | 00 00 03 88 00 00 00 14
000000C0: 72 58 59 5A 00 00 03 9C | 00 00 00 14 67 58 59 5A
000000D0: 00 00 03 B0 00 00 00 14 | 62 58 59 5A 00 00 03 C4
000000E0: 00 00 00 14 72 54 52 43 | 00 00 03 D8 00 00 00 4C
000000F0: 67 54 52 43 00 00 04 24 | 00 00 00 4C 62 54 52 43
00000100: 00 00 04 70 00 00 00 4C | 74 65 78 74 00 00 00 00
00000110: 28 63 29 20 31 39 39 38 | 20 53 6F 6E 6E 65 74 65
00000120: 63 68 2C 20 4C 74 64 2E | 20 26 20 45 61 73 74 6D
00000130: 61 6E 20 4B 6F 64 61 6B | 20 43 6F 6D 70 61 6E 79
00000140: 0D 0A 41 6C 6C 20 52 69 | 67 68 74 73 20 52 65 73
00000150: 65 72 76 65 64 00 00 00 | 64 74 69 6D 00 00 00 00
00000160: 07 CF 00 06 00 0B 00 11 | 00 05 00 06 64 65 73 63
00000170: 00 00 00 00 00 00 00 43 | 54 65 6D 70 65 72 61 74
00000180: 75 72 65 3A 09 37 31 35 | 39 4B 0D 0A 47 61 6D 6D
00000190: 61 3A 09 09 32 2E 31 0D | 0A 4C 69 67 68 74 69 6E
000001A0: 67 3A 09 09 43 6F 6F 6C | 20 57 68 69 74 65 20 46
000001B0: 6C 75 6F 72 65 73 63 65 | 6E 74 00 00 00 00 00 00
000001C0: 00 00 44 FE FF 00 54 00 | 65 00 6D 00 70 00 65 00
000001D0: 72 00 61 00 74 00 75 00 | 72 00 65 00 3A 00 09 00
000001E0: 37 00 31 00 35 00 39 00 | 4B 00 0D 00 0A 00 47 00
000001F0: 61 00 6D 00 6D 00 61 00 | 3A 00 09 00 09 00 32 00
00000200: 2E 00 31 00 0D 00 0A 00 | 4C 00 69 00 67 00 68 00
00000210: 74 00 69 00 6E 00 67 00 | 3A 00 09 00 09 00 43 00
00000220: 6F 00 6F 00 6C 00 20 00 | 57 00 68 00 69 00 74 00
00000230: 65 00 20 00 46 00 6C 00 | 75 00 6F 00 72 00 65 00
00000240: 73 00 63 00 65 00 6E 00 | 74 00 00 00 00 43 54 65
00000250: 6D 70 65 72 61 74 75 72 | 65 3A 09 37 31 35 39 4B
00000260: 0D 0A 47 61 6D 6D 61 3A | 09 09 32 2E 31 0D 0A 4C
00000270: 69 67 68 74 69 6E 67 3A | 09 09 43 6F 6F 6C 20 57
00000280: 68 69 74 65 20 46 6C 75 | 6F 72 65 73 63 65 6E 74
00000290: 00 00 00 00 64 65 73 63 | 00 00 00 00 00 00 00 32
000002A0: 54 72 75 65 20 49 6E 74 | 65 72 6E 65 74 20 43 6F
000002B0: 6C 6F 72 3A 20 53 61 6D | 73 75 6E 67 20 53 79 6E

```

```

000002C0: 63 4D 61 73 74 65 72 20|39 35 30 70 20 50 6C 75
000002D0: 73 00 00 00 00 00 00 00|00 33 FE FF 00 54 00 72
000002E0: 00 75 00 65 00 20 00 49|00 6E 00 74 00 65 00 72
000002F0: 00 6E 00 65 00 74 00 20|00 43 00 6F 00 6C 00 6F
00000300: 00 72 00 3A 00 20 00 53|00 61 00 6D 00 73 00 75
00000310: 00 6E 00 67 00 20 00 53|00 79 00 6E 00 63 00 4D
00000320: 00 61 00 73 00 74 00 65|00 72 00 20 00 39 00 35
00000330: 00 30 00 70 00 20 00 50|00 6C 00 75 00 73 00 00
00000340: 00 00 32 54 72 75 65 20|49 6E 74 65 72 6E 65 74
00000350: 20 43 6F 6C 6F 72 3A 20|53 61 6D 73 75 6E 67 20
00000360: 53 79 6E 63 4D 61 73 74|65 72 20 39 35 30 70 20
00000370: 50 6C 75 73 00 00 00 00|00 00 00 00 00 00 00 00
00000380: 00 00 00 00 00 00 00 00|58 59 5A 20 00 00 00 00
00000390: 00 00 F2 88 00 01 00 00|00 01 2D AA 58 59 5A 20
000003A0: 00 00 00 00 00 00 83 32|00 00 46 AD 00 00 09 BB
000003B0: 58 59 5A 20 00 00 00 00|00 00 52 6A 00 00 A9 AD
000003C0: 00 00 21 14 58 59 5A 20|00 00 00 00 00 00 21 3F
000003D0: 00 00 0F A5 00 00 A8 69|63 75 72 76 00 00 00 00
000003E0: 00 00 00 20 00 00 00 00|00 26 00 A7 01 94 02 F5
000003F0: 04 D4 07 37 0A 23 0D 9E|11 AC 16 51 1B 90 21 6D
00000400: 27 EB 2F 0E 36 D7 3F 4A|48 69 52 37 5C B6 67 E7
00000410: 73 CE 80 6C 8D C3 9B D5|AA A4 BA 32 CA 80 DB 90
00000420: ED 64 FF FF 63 75 72 76|00 00 00 00 00 00 00 20
00000430: 00 00 00 00 00 34 00 D5|01 F0 03 8A 05 AB 08 55
00000440: 0B 8D 0F 54 13 AF 18 A0|1E 28 24 4A 2B 07 32 62
00000450: 3A 5C 42 F6 4C 33 56 12|60 97 6B C1 77 92 84 0C
00000460: 91 2F 9E FC AD 75 BC 9A|CC 6C DC ED EE 1D FF FF
00000470: 63 75 72 76 00 00 00 00|00 00 00 20 00 00 00 00
00000480: 00 01 00 56 01 34 02 A3|04 A4 07 3B 0A 6A 0E 32
00000490: 12 95 17 93 1D 2F 23 68|2A 40 31 B8 39 D0 42 8A
000004A0: 4B E5 55 E3 60 83 6B C7|77 B0 84 3C 91 6E 9F 46
000004B0: AD C3 BC E7 CC B1 DD 23|EE 3C FF FF

```

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] J. Šmok, J. Pecák, P. Tausk: Barevná fotografie, SNTL 1975
- [2] V. Skála: Světlo, barvy a barevné systémy, Academia 1993
- [3] PIHAN, Roman. Správa barev (Color management). *Fotografovani* [online]. 2007, březen [cit. 10. listopadu 2008]. Dostupný na WWW: [http://www.fotografovani.cz/art/fozak\\_dř/rom\\_1\\_10\\_colormanag.html](http://www.fotografovani.cz/art/fozak_dř/rom_1_10_colormanag.html)
- [4] Wikipedie: otevřená encyklopedie [online]. Wikimedia Česká republika 2008, poslední úpravy 12.5.2009 [cit. 25.října 2008]. RGB. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/RGB>
- [5] JANÁK, Robert. Správa barev – Color Management System (CMS). *Interval* [online]. 2004, červen [cit. 12. listopadu 2008]. Dostupný na WWW: <http://interval.cz/clanky/sprava-barev-color-management-system-cms/>
- [6] GRAFIKA on-line: Denní zpravodajství ze světa grafiky, polygrafie a digitální fotografie. [online]. Grafika publishing, 2003, akt. 8.9.1998 [cit. 5. listopadu 2008]. Barva v předtiskové přípravě (1). Dostupný na WWW: <http://www.grafika.cz/obecne/pruvodci/cms.htm>
- [7] GRAFIKA on-line: Denní zpravodajství ze světa grafiky, polygrafie a digitální fotografie. [online]. Grafika publishing, 2003, akt. 5.10.1998 [cit. 5. listopadu 2008]. Barva v předtiskové přípravě (2) - teoretický popis barvy. Dostupný na WWW: <http://www.grafika.cz/obecne/pruvodci/cms2.htm>
- [8] Ocean Optics, Inc. *USB4000 Fiber Optic Spectrometer Installation and Operation Manual* [PDF dokument]. Poslední úprava 28.10.2008 [cit. 23. listopadu 2008]. Dostupný na WWW: <http://www.oceanoptics.com/technical/USB4000OperatingInstructions.pdf>
- [9] WALLNER, Dawn <dawn.wallner@yahoo.com> *Building ICC profiles – the Mechanics and Engineering*. [PDF dokument]. 2000, duben. [cit. 15. leden 2009]. Dostupný na WWW: <http://www.color.org/icc-book1.pdf>
- [10] International Color Consortium. *Image technology colour management – Architecture, profile format, and data structure* [PDF dokument]. 2004, říjen.

- [cit. 12.února 2009]. Dostupný na WWW:  
[http://www.color.org/ICC1v42\\_2006-05.pdf](http://www.color.org/ICC1v42_2006-05.pdf)
- [11] Ocean Optics, Inc. *OmniDriver API Specification* [HTML dokument]. 2007, březen. [cit. 2.února 2009]. Dokumentace přiložená k ovladači OmniDriver.
- [12] Ocean Optics, Inc. *SPAM API Specification* [HTML dokument]. 2007, březen. [cit. 2.února 2009]. Dokumentace přiložená k ovladači OmniDriver.
- [13] Ocean Optics, Inc. *SpectraSuite Spectrometer Operating Software, Installation and Operation Manual* [PDF dokument]. 2006, říjen. [cit. 20.března 2009]. Dokumentace přiložená k programu SpectraSuite.
- [14] Wikipedie: otevřená encyklopedie [online]. Wikimedia Česká republika 2008, poslední úpravy 12.5.2009 [cit. 15.listopadu 2008]. CCD. Dostupný na WWW:  
<http://cs.wikipedia.org/wiki/CCD>
- [15] OTÁHALOVÁ, Lenka. *AZ Reprodukce Barev* [online]. poslední úpravy 1.5.2007 [cit. 25.března 2009]. Dostupný na WWW:  
<http://www.reprodukce-barev.org>
- [16] [www.displaymate.com](http://www.displaymate.com)
- [17] [www.safibra.cz](http://www.safibra.cz)